

ÖZET

OFDM TABANLI ORTAM GERİ SAÇILIM İLETİŞİMİNE YÖNELİK GECİKME SEMBOLÜ OOK SİNYALLEMESİ

5

Buluş, geleneksel OFDM sistemleri ile geri saçılım iletişimini entegre etmeye yönelik yeni bir teknikle ilgilidir.

İSTEMLER

1. Geri saçılım iletişimini mevcut sisteme entegre etmeye yönelik bir yöntem olup, aşağıdaki adımları içermektedir
 - OOK sinyalleme ile aynı çalışma konseptinden yararlanarak Gecikme-Sembölü kullanarak sinyallerinin modüle edilmesi,
 - Geri saçılmanın getirdiği gecikmenin CP süresini aşması, böylece doğrudan bağlantının iletişim sinyalini etkilemeden çözülebilir BD sinyaline izin verilmesi,
 - İletişim perspektifinden Menzil-Doppler haritası üzerinde alıcı tarafta tespit yapılması,
 - Doppler boyunca çoklu geri saçılım cihazlarının çoğullanması.
2. İstem 1'e göre geri saçılım iletişimini mevcut sisteme entegre etmeye yönelik yöntem olup, burada menzil-doppler harita tespit işlemi aşağıdaki adımları içermektedir:
 - CP süresini önemli ölçüde aşan bir gecikmenin eklenmesi,
 - Alt taşıyıcı faz bilgisinden gecikme menzili tahmin eden Hızlı Fourier Dönüşümünün uygulanması,
 - Ardışık semboller boyunca faz değişimlerini analiz ederek Doppler kaymasını tahmin eden başka bir ters Hızlı Fourier Dönüşümünün uygulanması,
 - Geri saçılım sinyallerini daha zayıf çok yönlü bileşenlerden ve ana bağlantıdan izole etmek için RDM'de eşik uygulanması.
3. Önceki istemlerden herhangi birine göre yöntemi gerçekleştirmek için araçlar içeren bir veri işleme sistemi.
4. Program, İstem 3'e göre bir veri işleme sistemi tarafından yürütüldüğünde, bilgisayarın İstem 1 ile 2'ye göre yöntemi gerçekleştirmesini sağlayan talimatları içeren bir bilgisayar programı.
5. İstem 4'e göre bilgisayar programının depolandığı, bilgisayar tarafından okunabilir bir veri taşıyıcısı.

TARİFNAME

OFDM TABANLI ORTAM GERİ SAÇILIM İLETİŞİMİNE YÖNELİK GECİKME SEMBOLÜ OOK SİNYALLEMESİ

5

Teknik Alan

Buluş, geri saçılım iletişimini entegre etmek için verimli ve standartlara uygun bir çözüm sağlayan bir sistem ile ilgilidir.

10

Önceki Teknik

Ortogonal frekans bölmeli çoğullama (OFDM) dalga formundan yararlanan ortam geri saçılım iletişimi ile ilgili son teknoloji göz önüne alındığında, ortak kullanıcı ve geri saçılım iletişimi elde etmek için hem verici hem de alıcı perspektifinden farklı çözümler önerilmiştir.

15

[1]'de yazarlar, geri saçılım sinyali frekans alanını kontrol edecek ve böylece kanal etkisini ve doğrudan bağlantı girişimini (DLI) azaltacak ve böylece alıcıdaki algılamayı basitleştirecek şekilde tasarlamayı önermişlerdir. Bunu uygulamak için yazarlar, verici tarafında belirli alt taşıyıcıların boş kalmasına izin veren bir OFDM sabit yapılandırması önermektedir. Bu boş alt taşıyıcılar, geri saçıcı cihazların Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK) ve Açma-Kapama Anahtarlama (OOK) kullanarak verilerini üzerlerine modüle etmelerini ve böylece bant içi geçersiz alt taşıyıcı modülasyonu elde etmelerini sağlamaktadır. Alıcıda bu konfigürasyon, geri saçılım cihazları tarafından meşgul edilen alt taşıyıcılardaki enerji seviyelerini izleyerek tespit yapılmasını sağlamakta olup, böylece geri saçılım verilerinin birincil iletişim bağlantısından kolayca tespit edilmesine ve ayrılmasına olanak tanımaktadır.

20

25

Benzer şekilde, [2]'de yazarlar etiket seviyesinde, etiketlerin sinyallerini baz istasyonu tarafından iletilen mevcut OFDM LTE referans kontrol sinyalleri üzerine modüle ettiği bir çözüm önermektedir. Bu modülasyon orijinal sinyale kontrollü bir şekilde kasıtlı bir Doppler kayması eklemektedir. İndüklenen Doppler kayması, kanal kaynaklı Doppler etkisinden (zamanda seçicilik) ayırt edilebilecek kadar önemli ancak alıcının doğru bir şekilde izleyebileceği ve tahmin edebileceği kadar küçük olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarım

30

sinüs dalgasına kare dalga olarak yaklaşmaktadır ve etikette ayırık empedans durumlarının kullanılmasına olanak tanıyarak Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK) modülasyonunun çoklu empedanslarla Açma-Kapama Anahtarlama (OOK) benzer şekilde uygulanmasına olanak tanımaktadır.

5

[3]'teki çalışma, faz bilgisinin gerekli olmadığı ve dolayısıyla geri saçılım iletişiminin yalnızca alınan gücün ve kanal kazançlarının bir fonksiyonu olduğu tutarlı olmayan algılamanın kullanılmasını önermektedir. Tutarlı olmayan maksimum olabilirlik (ML) tabanlı algılama ve etiket seviyesinde diferansiyel kodlama kullanımı, doğrudan bağlantıyı gürültü

10 arka planının bir parçası olarak ele alırken kanal durum bilgisine (CSI) ihtiyaç duymadan bit 0 ve 1 için hata olasılıklarını dengeleme ve en aza indirme açısından daha iyi bir algılama elde etmeyi sağlamaktadır.

Öte yandan, [4]'teki yazarlar alıcıdaki algılamayı iyileştirmek için diferansiyel modülasyon ve

15 kodlama kullanmaktadır. Yazarlar, bir OFDM sembolünün orta noktasında 1 bit değerini temsil etmek için bir sembol geçişinin uygulandığı, buna karşın 0 bit değeri için herhangi bir geçişin uygulanmadığı özel bir geri saçılım cihazı (BD) kodlama şeması önererek etkili sembol düzeyinde farklılaştırma sağlamaktadır. Alıcı tarafta, döngüsel ön ekin (CP) tekrar eden yapısı kavramından yararlanılarak doğrudan bağlantı ortadan kaldırılmaktadır ve böylece

20 enerji tabanlı algılama kullanılırken önemli SNR ile BD sinyalinin algılanmasına izin vermektedir ve böylece kanal tahminine olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır.

[5]'te yazarlar, alıcıda birden fazla anten kullanmayı ve çeşitlilik kazancını sağlarken zayıf sinyali tespit etmek için birden fazla anten (MIMO) kullanarak AOA yönlendirme vektörlerini

25 oluşturmayı ve böylece tespit ve girişim ayrımına başka bir serbestlik derecesi eklemeyi önermektedir. Önerilen yaklaşım, alıcının birden fazla antene sahip olduğunu varsayarken geri saçılma sinyalini tespit etmek için iki aşamalı alıcı kullanmaktadır, birinci aşamada hem gecikmeler hem de AOA tahmin edilmektedir ve daha sonra geri saçılma bağlantısından kanal kazancını ortadan kaldırmak için en küçük kare yaklaşımı kullanılırken, çok yollu girişimin

30 bağlantı katmanı protokolü kullanılarak kaldırıldığı ve tespitin BPSK ile birlikte etikette kullanılan diferansiyel modülasyonun tersine çevrilmesine dayandığı varsayılmaktadır.

Başka bir tasarım [6]'da sunulmuştur ve sinyalin zaman alanında geciktirilmesini önermektedir. Bu etki frekans alanında faz terimleri olarak ortaya çıkar ve kanal bilgisi ile

herhangi bir ek terim çözülmektedir ve geri saçılım tespiti ile ilişkilendirilmektedir. Bu yöntem, kanal etkisinin yarattığı gecikmelere ek olarak OFDM sembollerine kasıtlı gecikmeler ekleyerek geri saçılma iletişimi elde etmek için gecikme kaydırmalı anahtarlama (DCK) kullanmakta olup; bu gecikmeler, hem geri saçılım modülasyonundan hem de kanal gecikmesinden kaynaklanan sistemdeki toplam gecikmenin CP süresini aşmaması için dikkatlice seçilmektedir ve buna dayanarak bir optimizasyon problemi formüle edilmektedir ve hem doğrudan bağlantıdan hem de geri saçılımdan gelen kanalın WIFI pilot yapısı kullanılarak bir LTI kanalı varsayılarak ilk iki OFDM sembolünde tahmin edildiği bağlantı katmanı protokolüne dayanarak ML tabanlı algılama önerilmektedir, böylece geleneksel ortak ML algılamaya kıyasla düşük karmaşıklığa dayalı bir algılama elde edilmektedir.

Ana hatlarıyla belirtilen sorunu ele alan mevcut patentler, Güç Alanı Ortogonal Olmayan Çoklu Erişim (PD-NOMA) tabanlı geri saçılım iletişimini sağlamak için özellikle iç mekan ortamları için tanıtılan seyrek kodların kullanılmasını önermektedir [7]. Bu patent, çoklu iletim zaman dilimlerine yayılarak geri saçılım kod sözcüklerini tespit etmek için çoklu erişim girişimi (MAI), semboller arası girişim (ISI) ve zamansal çeşitliliği kullanmaktadır. Kanal tahmini sıkıştırılmış algılama yoluyla gerçekleştirilmektedir, ardından yinelemeli bir kod çözme yoluyla geri saçılım cihazları üzerindeki ikili kanal etkilerini azaltmak için çok aşamalı bir süreç izlenmektedir.

[8]'de, buluş sahipleri geri saçılım iletişimde DLI'nın üstesinden gelmek için WIFI'nin mevcut geçersiz kılma yeteneğini kullanmaktadır. İletilen sinyalin CSI'ya dayanarak ön kodlanmasıyla, alıcı tarafında yıkıcı bir girişim elde edilmektedir ve böylece doğrudan bağlantı kasıtlı olarak iptal edilmektedir. Yaklaşım, iletişimden önce sorgu sinyal mekanizması yoluyla kanal bilgisini varsayarken vericide bu ön kodlamayı elde etmek için birden fazla anten gerektirmektedir, bu da ön kodlama geri saçıcılardan birini değil, yalnızca doğrudan bağlantıyı iptal etmeye yönelik olduğu için, baskın doğrudan bağlantıyı etkili bir şekilde azaltmakta, böylece daha zayıf geri saçılma sinyalinin artan iletişim menzili ile algılanmasına izin vermektedir.

[9]'da, buluş sahipleri geri saçılım sinyalini frekans alanını kontrol edecek ve böylece kanal etkisini ve DLI'yı azaltacak, dolayısıyla alıcıdaki algılamayı basitleştirecek şekilde tasarlamayı önermektedir. Buluş sahipleri, frekans alanında OFDM sinyali üzerinde daha fazla kontrole sahip olmak ve DAC olarak hareket eden ayrık yük empedansları sırasında

girişimi azaltmak için geri saçılım seviyesinde farklı OFDM blok modülatör uygulaması önermektedir, önerilen çözüm, geri saçılımın farklı uygulamalarla (anında IFFT, IFFT LUT, NCO LUT) IFFT kullanarak frekans alanını kontrol etme yeteneğine sahip olması nedeniyle alıcıda basit algılama ve azaltılmış girişim sağlamaktadır.

5

Önerilen çözümler verici, etiket ve alıcı tarafları da dahil olmak üzere çeşitli açılardan zayıf geri saçılım sinyallerinin tespitini basitleştirmeyi amaçlamaktadır. Bununla birlikte, verici tarafındaki bazı geçersiz alt taşıyıcıların spektrum verimsiz olmasına izin vermek ve kasıtlı doppler kesirli olabileceğinden doppler yayılmasına ve dolayısıyla ICI'ye yol açmak gibi bazı dezavantajlar sergilerler.

10

Bant dışı geri saçılım elde etmek bu etkiyi hafifletmektedir ancak sinyalleme ek yükünü arttırmaktadır. Bu tasarımda, geri saçılım cihazlarının kanal algılama yapması veya geri saçılım iletişimi için belirli bir bant tahsis etmesi için baz istasyonuna güvenmesi gerekmektedir. Ayrıca alıcının geri saçılım sinyalini tespit etmek için tüm kanalları taraması gerekmekte olup, bu da verimsiz bir yaklaşım olarak kalmaktadır. Bu ek işlem ve kanal algılama, hem etiket hem de alıcı seviyelerinde güç tüketiminin artmasına katkıda bulunarak sisteme karmaşıklık katmaktadır. Ayrıca ortam IoT'sinin birincil amacı kaynak kullanımını en aza indirmek ve sistem sadeliğini korumak için doğrudan bağlantı iletişimiyle aynı kaynaklar içinde iletişimi kolaylaştırmak olduğundan, iletilen sinyalin bandının ötesinde modülasyon mevcut standartlarla uyumlu değildir.

15

20

Alıcıda tutarlı olmayan algılamanın kullanılması, yalnızca analog alanda uygulanabilen bir alçak geçiren filtre, integratör ve karşılaştırmacı gerektirdiğinden karmaşıklığı azaltmaktadır. Ancak kanal geri saçılma sinyalinin bozulmasına yol açan kritik bir faktör olabileceğinden, bu basitlik performans pahasına gelmektedir. Ayrıca tutarlı olmayan algılama, uç cihazların (vericiler ve alıcılar) genellikle üst düzey ekipman olduğu varsayılan ortam geri saçılım sistemleri için pek uygun değildir. Bu yaklaşım, uyumlu alıcılar tarafından sağlanan esneklik ve uyarlanabilirlikten yoksundur, bu da onu standart varsayımlarla daha az uyumlu hale getirmektedir ve potansiyel olarak kanal kaynaklı performans zorluklarını ele almadaki etkinliğini sınırlamaktadır.

25

30

Buna ek olarak, DBPSK ve Manchester kodlama gibi diferansiyel kodlama ve modülasyon şemalarının kullanımı alıcı tarafındaki bit hata oranını (BER) azaltmaya yardımcı olabilirken,

arka plan gürültüsünün bir parçası olarak doğrudan bağlantı girişimini (DLI) veya çok yollu bileşenleri ele almazlar, bu da sinyal-girişim artı gürültü oranında (SINR) artışa neden olmaktadır.

- 5 Gecikmeli kaydırmalı anahtarlama (DSK) kullanımı umut vaat eden bir başka çözümdür ancak çok yollu etkilerle birlikte gecikmeli geri saçılım sinyali döngüsel önek (CP) süresini aşmadığında, PSK ile karşılaştırıldığında referans verilen makalede gösterildiği gibi performans düşüşüne neden olmaktadır. Bu bozulma, çok yollu bileşenlerin geri saçılma sinyalinin ayırt edilmesinin sistem içinde bir zorluk olarak kalması nedeniyle ortaya 10 çıkmaktadır. Sonuç olarak, veri hızını arttırmak yerine çok yollu etkileri ele almak için gerekli çözünürlüğü elde etmek için daha yüksek bir M-seviye PSK gereklidir.

- Güç alanı ortogonal olmayan sinyalleme kullanımı, kitlesel bağlantıya ulaşmak için potansiyel bir çözüm sunmaktadır ancak yinelemeli kullanıcı kod çözme işlemine olan 15 bağımlılık nedeniyle cihazlarının sayısı arttıkça alıcı karmaşıklığını önemli ölçüde arttırmaktadır. Ayrıca ortogonalite sağlanmadığında doğrudan bağlantı girişimini azaltmak için kapsamlı bir kulak misafiri gerektirmektedir ve bu da sistemi daha da karmaşık hale getirmektedir. Monostatik konfigürasyonlarda, artık kendi kendine girişim kalıcı bir sorun olmaya devam etmekte, çözümü daha az etkili hale getirmekte ve sisteme önemli ölçüde 20 girişim getirmektedir. Ayrıca 5G NR’de PD-NOMA’nın başarısızlığı göz önüne alındığında, bu yaklaşımın büyük ölçekli dağıtım için verimsiz ve pratik olmadığı düşünülmektedir.

- Geçersiz kılma, doğrudan bağlantı girişimini (DLI) ortadan kaldırabilse de geri saçılım teknolojisinin temel prensibi her iki sinyalin de aynı zaman-frekans kaynakları içinde bir 25 arada var olmasını sağlamaktır. Doğrudan bağlantıyı ortadan kaldırmak ve yalnızca ortam sinyalinin alınması, zayıf ortam geri saçılım sinyallerinin tespitini kolaylaştırırsa da teknolojinin temel çalışma moduyla çelişmektedir.

- OFDM’yi uygulamak için etiket seviyesinde farklı tasarım kriterleri önermek etiketlere daha 30 fazla karmaşıklık getirmektedir ve dolayısıyla geri saçıcı cihazdaki enerji IFFT işlemini gerçekleştirmek için yeterli değilse, çözümü yalnızca 3GPP’deki C tipi şemsiyesi altındaki aktif cihazlar için etkili kılan ve dolayısıyla pasif A tipi cihazlar için verimli olmayan daha fazla görev döngüsüne neden olabilmektedir.

Sonuç olarak, yukarıda bahsedilen tüm sorunlar ilgili alanda bir yeniliğin sağlanmasını gerekli kılmıştır.

Buluşun Kısa Açıklaması ve Amaçları

5

Buluşun amacı, yeni bir mekanizma olarak kontrol edilebilir semboller arası girişimten (ISI) yararlanarak geri saçılım iletişimini mevcut sistemlere entegre etmek için verimli ve standartlarla uyumlu bir çözüm sağlamaktır. Bu yaklaşım, geleneksel OFDM alıcılarıyla uyumluluğu sağlarken geri saçılım sinyal tespitini geliştirmek için kasıtlı gecikmeler sunmaktadır. Buluş, hem etiket hem de alıcı üzerindeki kısıtlamaları en aza indirerek, spektral verimlilikten ödün vermeden veya kapsamlı kanal tahmini ek yükü gerektirmeden IoT ekosistemlerine sorunsuz entegrasyonu kolaylaştırmaktadır. Ayrıca geri saçılım verileri için menzil-Doppler haritasında basitleştirilmiş ve yenilikçi bir algılama şeması kullanmaktadır ve rolünü yalnızca algılama perspektifinden geri saçılım sembolü algılamaya dönüştürmektedir.

15

Buluş, çok yollu bileşenlerin ve doğrudan bağlantı girişiminin baskın olduğu ortamlarda geri saçılım iletişimi ile doğrudan bağlantı iletişimi arasında bir arada var olma konusundaki kritik bilimsel sorunu ele almaktadır. Bu sorunlar, düşük güçlü iletişim sistemleri için mevcut standartlarda, özellikle de alıcıda döngüsel ön ekin (CP) ötesinde kasıtlı gecikmelerden yararlanan ve menzil-Doppler haritası tabanlı blok-sembol algılama kullanan yeni bir algılama mekanizması getirerek zayıf geri saçılım sinyalini algılamak için performanstan ödün vermeden veya alıcı karmaşıklığını arttırmadan girişimi yönetmede önemli engelleri temsil etmektedir. Bu yaklaşım, geri saçılım sembollerini menzil-Doppler alanına eşleyerek verimli sinyal tespiti sağlamaktadır. Ek olarak, 2D ızgara ile geri saçılım cihazları hem zaman hem de frekans alanlarında çoğullanabilmektedir ve yeni bir serbestlik derecesi sağlamaktadır. Bu yetenek, OFDM çerçeve yapısından yararlanılarak elde edilmektedir ve çözümün mevcut sistemlerle hem geriye hem de ileriye dönük uyumluluğu sürdürmesini sağlamaktadır.

30

Açıklanan buluş, geri saçılım iletişimini geleneksel OFDM sistemlerine entegre ederek, bu teknolojilerin zaman veya frekans kaynaklarını kesintiye uğratmadan sorunsuz bir şekilde bir arada var olmasını sağlamaktadır - bu, gelişmekte olan iletişim standartları için kritik öneme sahiptir. Önerilen çözüm, alıcı tarafındaki algılamanın geleneksel alıcılarda kullanılan standart tutarlı demodülasyon sürecine bağlı kalmasını sağlayarak daha verimli ve basitleştirilmiş bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yöntem kanal kestirimi ihtiyacını ortadan kaldırarak karmaşıklığı

önemli ölçüde azaltırken Menzil-Doppler Haritasındaki (RDM) etiket verilerini etkili bir şekilde tespit etmektedir.

5 Sistem, etiket seviyesinde OOK modülasyon şemaları olarak M-PSK'dan yararlanmakta, enerji kısıtlamalarını ve pasif geri saçılım cihazlarının sınırlı operasyonel yeteneklerini ele almakta ve Sınıf A cihazlar için 3GPP standartlarına uyum sağlamaktadır. Tasarım, enerji verimliliğine öncelik vererek cihazların yaşam döngüsünü uzatırken, özel kaynak gerektirmeden mevcut iletişim ağlarıyla uyumluluğu korumaktadır. Bu yaklaşım, hem doğrudan bağlantı hem de çok yollu bileşen azaltılırken ve geri saçılan sinyale göre 10 algılanırken, geri saçılma iletişimini modern kablosuz ağlara entegre etmek için ölçeklenebilir, verimli ve standartlara uygun bir çözüm sağlamaktadır.

Buluşun Şekillerinin Açıklaması

15 Buluş konusunun daha iyi anlaşılması için gerekli olan şekiller ve ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Şekil 1. geri saçılım iletişim bağlantılarını göstermektedir.

Şekil 2. geleneksel iletişimle alınan sinyalin PDP'sini göstermektedir.

20 **Şekil 3.** hem doğrudan bağlantıdan hem de geri saçılım bağlantısından alınan sinyalin PDP'sini göstermektedir.

Şekil 4. BD DSK modülasyon tasarımını göstermektedir.

Şekil 5. RDM'de geri saçılım tespitini göstermektedir.

Şekil 6. Doppler boyunca farklı geri saçılım cihazlarının çoğullanmasını göstermektedir.

25

Referans Numaraları

Şekillerde verilen parça ve bileşenlere, buluş konusunun daha iyi anlaşılması için atıfta bulunulmuştur.

30

BD. Geri saçılım cihazı

BS. Baz istasyonu

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Buluş, geleneksel Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama (OFDM) sinyallerini geri saçılım iletişimi için bir taşıyıcı olarak kullanan bir sistemle ilgilidir.

- 5 Şekil 1’de kaynak ile baz istasyonu (BS) arasındaki doğrudan bağlantı da dahil olmak üzere iletişim bağlantıları gösterilmektedir. Geri saçılım cihazına (BD) giden ileri bağlantı ve baz istasyonuna (BS) giden yansıyan ise geri saçılım bağlantısıdır. Bu kurulum, ortam OFDM sinyallerinin ek vericiler gerektirmeden geri saçılım cihazlarından (BD) modüle edilmiş bilgileri taşımasına olanak tanıyarak sistemleri enerji açısından verimli hale getirmektedir.

10

Sistem, geri saçılım cihazları için yeni bir gecikme tabanlı modülasyon mekanizması sunmaktadır. Gecikme Kaydırmalı Anahtarlama (DSK) kullanarak, geri saçılım cihazı (BD) geri saçılım cihazından (BD) yansıyan OFDM sembollerine gecikmeler ekleyerek bilgileri kodlamaktadır. Gecikme kanalının maksimum aşırı gecikmesini aşmaktadır ve geri saçılan

15 sinyalin doğrudan bağlantıya önemli ölçüde müdahale etmemesini sağlamaktadır.

- Şekil 1. OFDM kaynağı ve baz istasyonu (BS) arasında doğrudan bir bağlantı, ortam OFDM sinyalini geri saçılım cihazına (BD) ileten bir ileri bağlantı ve geri saçılım cihazlarının (BD) bilgi iletmek için gelen sinyali ek gecikmelerle yansıttığı ve modüle ettiği bir geri saçılım
- 20 bağlantısından oluşan genel mimariyi göstermektedir.

İletilen OFDM sinyali, $s(t)$, aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir:

$$s(t) = \Re \left(\sum_{n=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} a_{k,n} e^{j2\pi(f_c + k\Delta f)(t - nT_{\text{sym}})} \text{rect}\left(\frac{t - nT_{\text{sym}}}{T_{\text{sym}}}\right) \right)$$

25

burada:

$$\text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) = \begin{cases} 1 & t \in [0, T_{\text{sym}}] \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

- 30 Sistem, mevcut OFDM altyapısıyla uyumluluğu koruyarak geri saçılma iletişimi için bu iletilen sinyali değiştirmeden kullanmaktadır.

Geri saçılım iletişim sistemi olarak görülebilecek bir yan bağlantı, verilerini geri saçmak için ortam OFDM sinyalinin aynı zaman frekansını kullanmaktadır, geri saçılım cihazlarından (BD) gelen modüle edilmiş OFDM sinyalinin yansıyan sinyale kontrollü gecikmeler (τ_{BD}) ekleyerek bu gecikmenin maksimum aşırı gecikmeyi aşacağı şekilde inşa edilebilmektedir.

5

Geri saçılım cihazları (BD) gelen sinyali DSK kullanarak modüle etmektedir, burada her sembol bloğu için ve cihaz bitlerine bağlı olarak bir gecikme uygulanmakta veya uygulanmamakta olup, böylece modülasyon aşağıdaki şekilde verilmektedir:

10

$$s_{out}(t) = a_T s_{in}(t - \tau_{BD})$$

Geri saçılım sembolü, doğrudan bağlantı geniş bant sinyaline kıyasla düşük oranlı bir iletişim cihazı olduğundan, bu modülasyon blok sembol tabanlı gecikmedir.

15 Geri saçılım cihazı (BD) tarafından sağlanan gecikme, gecikme kısıtlamasına bağlıdır:

$$\tau_{MP} + \tau_{BD} > CP$$

20 böylece geri saçılma gecikmesinin çok yollu kanalın maksimum aşırı gecikmesini aşması sağlanmaktadır.

DSK modülasyonu gecikme durumları arasında sadece ikili anahtarlama gerektirdiğinden, şekil 4'te gösterildiği gibi Açma-Kapama Anahtarlaması olarak hareket etmektedir. Geri saçılım cihazlarında (BD) M-PSK mevcutsa, bu geri saçılım sinyalinin kanal değişimine karşı esnek olmasını sağlamaktadır ve ayrıca alıcı tarafındaki çözünürlüğü arttırmaktadır ve ortamdaki etiket dağılımı için rastgele bir şekilde başka bir esneklik sağlamaktadır, bu da çözümü dağıtım açısından daha pratik hale getirmektedir, çünkü farklı etiketler için kanal gecikmelerinin çoğu azaltılabilmektedir, böylece sistemimiz yukarıda belirtilen kısıtlamaya uymaktadır.

30

Şekil 2, geleneksel bir OFDM sisteminin Güç Gecikme Profili'ni (PDP) göstermektedir. PDP, doğrudan bağlantıya karşılık gelen güçlü bir tepe noktası ve çok yollu bileşenleri temsil eden daha zayıf tepe noktaları göstermektedir.

CP uzunluğu, çok yollu etkilerin mevcut OFDM sembolü ile etkileşime girmemesini sağlayarak maksimum aşırı gecikmeyi karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu, CP'nin ötesindeki musluklar çok düşük güçte olduğundan ve alıcının ihmal edilebilir güç eşiğinden daha az olduğundan, geri saçılma iletişimi ile karşılaştırmak için bir temel görevi görmektedir.

Şekil 3, hem çok yollu bileşenlerin doğrudan bağlantısını hem de CP süresinin ötesinde gecikmeli, düşük güçlü tepe noktaları olarak görünen geri saçılım sinyal bileşenlerini gösteren önerilen sistemin PDP'sini göstermektedir. Düşük güç, doğrudan bağlantı ile minimum girişim sağlamaktadır.

Geri saçılım cihazı (BD) tarafından eklenen bu gecikmeler, çok yollu kanalın maksimum aşırı gecikmesini aşarak doğrudan bağlantı sembolleriyle semboller arası girişime (ISI) neden olmaktadır. Bu semboller arası girişim, alıcıya katkısını en aza indirmek için geri saçılım cihazının (BD) yansıma katsayısını ayarlayarak etkili bir şekilde yönetilmektedir. Özellikle bu, döngüsel önek (CP) süresini arttırmadan elde edilmektedir ve böylece spektral verimlilik korunmaktadır.

Algılama için, sistem mevcut standartlarla uyumluluk sağlayan geleneksel bir tutarlı OFDM alıcısından yararlanmaktadır. Geri saçılmanın neden olduğu gecikmeler, doğrudan bağlantı geniş bant iletişimine kıyasla düşük hızlı iletişim olduğundan, birden fazla sembolü kapsayacak şekilde tasarlanmış olup, daha sonra etkileri frekans alanında bu semboller boyunca faz değişimleri olarak temsil edilmektedir. Bu faz kaymaları sistematik olarak sembol bloklarına eşlenmektedir, çünkü geri saçılım sembol bloğu tabanlı modülasyon kullanmaktadır, bu da eşik tabanlı bir şema aracılığıyla tespit edilmesini sağlamaktadır, çünkü bu alt taşıyıcı boyunca fazlar tekrarlanan faz modeline sahiptir ve doğrudan bağlantının çok yolunun ötesinde, yalnızca CP'nin ötesindeki küçük musluklardan etkilenirler.

Tespitin genellikle güçlü doğrudan bağlantı sinyalleri ve baskın çok yollu bileşenlerin örtüşmesi nedeniyle engellendiği geleneksel ortam geri saçılım sistemlerinin aksine, önerilen sistem daha zayıf çok yollu bileşenlerden (MPC'ler) yararlanmaya odaklanmaktadır. CP içindeki baskın sinyallerle etkileşimi önleyerek, tespit süreci aşağıdaki faydalarla büyük ölçüde basitleştirilmiştir:

Geri saçılım sinyalleri doğrudan bağlantıdan ve önemli çok yollu bileşenlerden daha az etkilendiğinden, kanal tahminine olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır.

5 Geri saçılım cihazı (BD) tarafından sunulan sembol blokları boyunca tutarlı faz modeli, tespit sürecini basitleştiren verimli eşik tabanlı tespiti olanak tanımaktadır.

Düşük güçlü geri saçılım sinyalleri doğrudan bağlantıyla etkileşime girmez ve hem geleneksel iletişim hem de geri saçılım sinyali tespiti için sistemin bit hata oranı (BER) üzerinde minimum etki sağlamaktadır.

10

Tespit süreci, geri saçılan benzersiz gecikmeleri tanımlamak ve çözmek için Şekil 5'te gösterilen Menzil-Doppler Haritasının (RDM) oluşturulmasına dayanmaktadır. Tespit süreci CP adımının ötesinde gecikme ile başlamaktadır. Geri saçılım cihazı (BD), kanal etkisinin etiket üzerinde ihmal edilebilir olduğu CP süresini aşan gecikmeler ortaya çıkarmaktadır. Geri

15 saçılma kaynaklı ISI birden fazla sembolü kapsar ve CP içinde kalan ana sinyal bileşenlerini etkilemez.

20

CP süresinin ötesinde, kanalın çok yollu etkileri üstel olarak azalmaktadır. Sonuç olarak, geri saçılan sinyal öncelikle daha zayıf çok yollu musluklardan etkilenmektedir ve bu da algılanmasını daha öngörülebilir hale getirmektedir.

25

Geri saçılım modülasyonu, sembol blokları boyunca tutarlı bir şekilde gecikmeler uygulayarak tekrarlanan bir ISI modeline yol açmaktadır. Bu faz benzerliği, geri saçılım katkılarını etkili bir şekilde izole etmek için kullanılmaktadır.

30

Tespit işlemi iki Ters Hızlı Fourier Dönüşümü (IFFT) gerçekleştirmeyi içermektedir. Birinci IFFT alt taşıyıcı faz bilgisinden gecikmeleri (menzil) tahmin ederken, ikinci IFFT ardışık semboller arasındaki faz değişimlerini analiz ederek Doppler kaymasını tahmin etmektedir.

Geri saçılım sinyallerini daha zayıf çok yollu bileşenlerden ayırmak için RDM'de bir eşik uygulanmaktadır. Bu eşik, geri saçılım cihazını (BD) temsil eden gecikmeli sinyallere odaklanmak için CP uzunluğundan önemli ölçüde daha yüksek ayarlanmaktadır.

Geri saçılma sinyalleri, birden fazla sembol bloğu için gecikme alanı boyunca tespit edilmektedir ve tüm çerçeve boyunca sağlam bir tanımlama sağlamaktadır.

Şekil 6, geri saçılım cihazlarının (BD) gecikme-Doppler alanı kullanılarak çoğullanmasını göstermektedir. Her BD'ye benzersiz bir gecikme ve Doppler kombinasyonu tahsis edilmektedir: bu, birden fazla BD'nin girişim olmadan aynı anda iletişim kurması ve ayrıca geri saçılım verilerinin menzil doppler haritasında Sağlam Algılama gibi Yüksek Ölçeklenebilirlik sağlamaktadır.

10

15

20

25

30

Referanslar

[1]: Bilal Janjua, M., Şahin, A., & Arslan, H. (2024). Interference-Free Backscatter Communications for OFDM-Based Symbiotic Radio. *arXiv e-prints*, arXiv-2408.

5

[2]: Ruttik, K., Wang, X., Liao, J., Jäntti, R., & Dinh-Thuy, P. H. (2022, Eylül). Ambient backscatter communications using LTE cell specific reference signals. In *2022 IEEE 12th International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA)* (s. 67-70). IEEE.

10 [3]: Wang, G., Gao, F., Fan, R., & Tellambura, C. (2016). Ambient backscatter communication systems: Detection and performance analysis. *IEEE Transactions on Communications*, 64(11), 4836-4846.

[4]: Yang, G., Liang, Y. C., Zhang, R., & Pei, Y. (2017). Modulation in the air: Backscatter communication over ambient OFDM carrier. *IEEE Transactions on Communications*, 66(3), 1219-1233.

15

[5]: Xu, X., Huang, T., Kuai, X., & Liang, Y. C. (2024). Joint Localization and Signal Detection for Ambient Backscatter Communication Systems. *IEEE Transactions on Wireless Communications*.

20

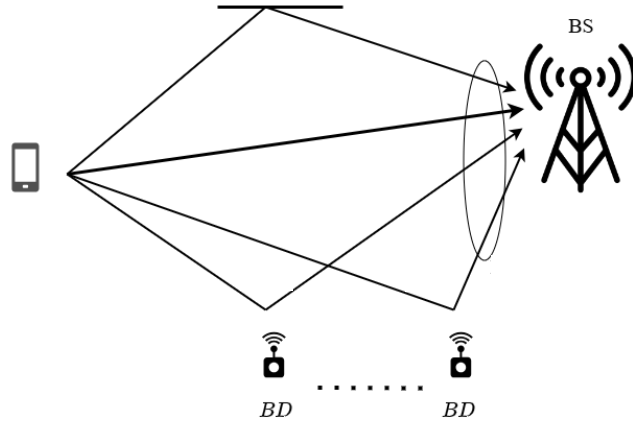
[6]: Hara, T., Takahashi, R., & Ishibashi, K. (2021). Ambient OFDM pilot-aided backscatter communications: Concept and design. *IEEE Access*, 9, 89210-89221.

25 [7]: KIM, Tae Yeong; KIM, Dong In. (2021). US10999848B2. United States Patent and Trademark Office, assigned to Sungkyunkwan University Research and Business Foundation.

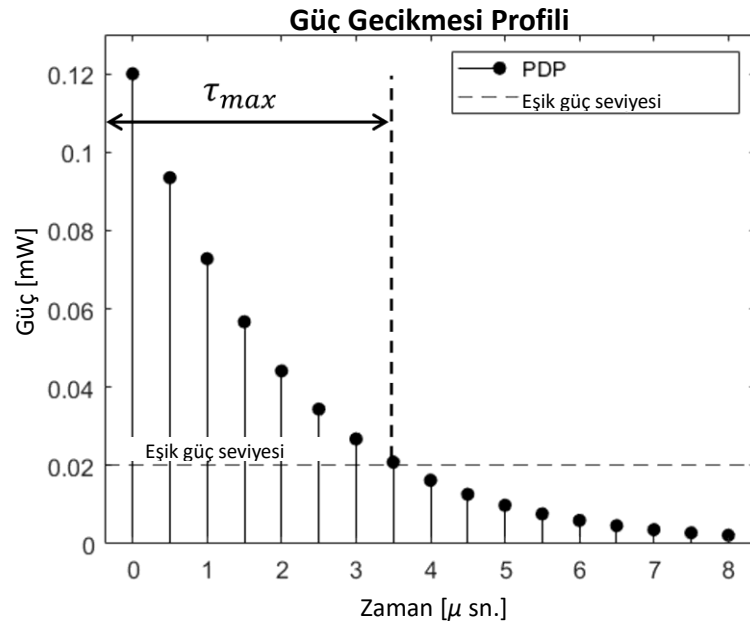
[8]: ABEDI, Ali; ABARI-SALEHI, Omid. (2023). US20230115786A1. United States Patent and Trademark Office, assigned to Individual.

30

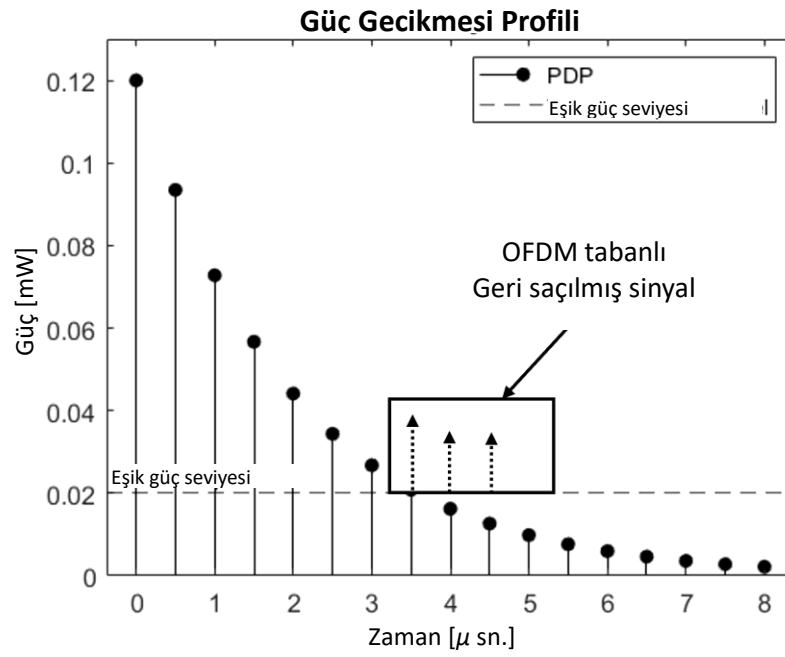
[9]: ROSENTHAL, James D.; REYNOLDS, Matthew S. (2022). US20220224583A1. United States Patent and Trademark Office, assigned to University of Washington.



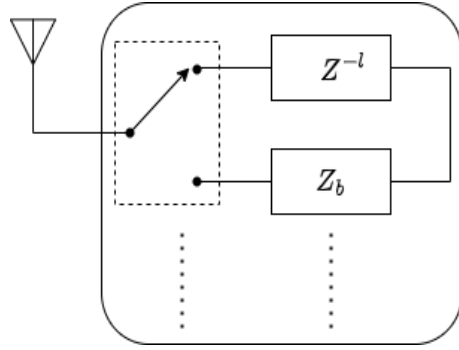
ŞEKİL 1



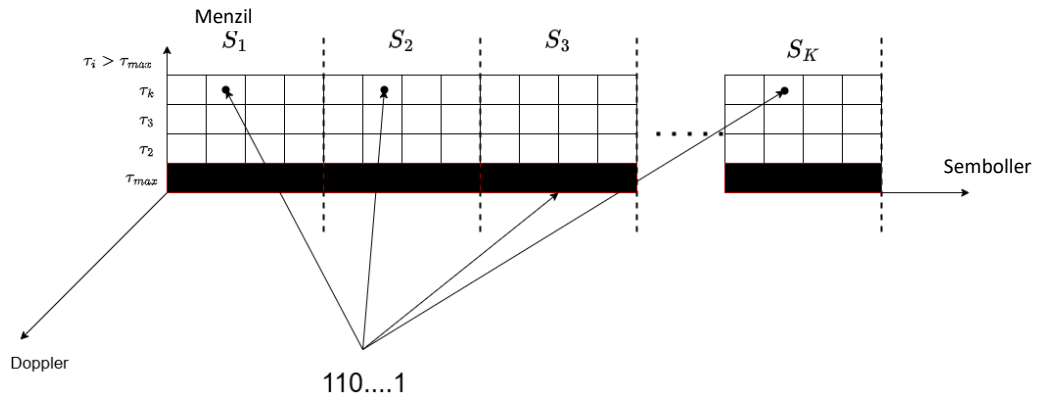
ŞEKİL 2



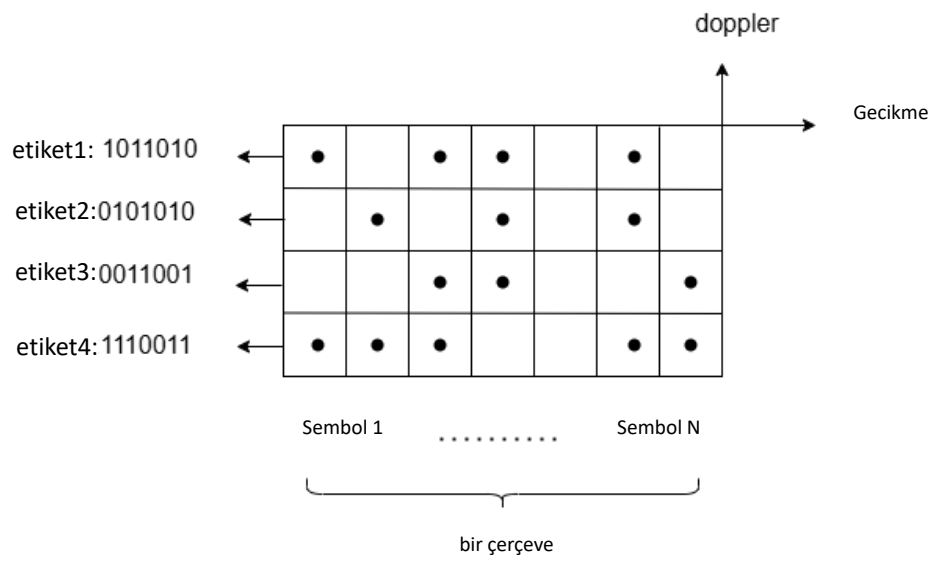
ŞEKİL 3



ŞEKİL 4



ŞEKİL 5



ŞEKİL 6