

ÖZET

KANAL TEMELLİ DÖNÜŞÜM KULLANAN GÜVENLİ VE UYUM SAĞLAYAN DİKGEN BÖLMELİ DALGA ŞEKİLLERİ ÇOĞULLAMA SİSTEMİ

5

Bu buluş, ileri düzey kablosuz iletişim sistemlerinde (5G ve ileri sistemler gibi) gizli dinleme ve yanıltıcı (spoofing (impersonation)) saldırılarına karşı güvenli ve uyum sağlayabilen bir dalga şekilleri çoğullama sistemi (1) ile ilgilidir.

10

İSTEMLER

1. İleri düzey kablosuz iletişim sistemlerinde güvenli ve uyum sağlayabilen bir dalga şekilleri çoğullamasını sağlayan;
5
 - verici (Tx) üzerinde çalışan ve cihazdaki aktarılması gereken verileri dalga biçimine dönüştürebilen en az bir dalga şekli dönüştürücü (2),
 - alıcı (Rx) üzerinde çalışarak dönüşüm dengeleyiciden (4) gelen dalga şekillerini anlamlandırarak alıcı (Rx) tarafın kullanması için veriye dönüştürebilen en az bir dalga şekli çözücü (5) **içeren ve**
 - 10
 - verici (Tx) üzerinde çalışarak dalga şekli dönüştürücü (2) tarafından gelen dalga biçimlerine filtre ve güvenlik periyodu uygulayıp söz konusu dalga biçimlerini kanal tabanlı iletim ön kodu (precoding) ile genişletebilen ve alıcı (Rx) üzerinde çalışarak kanal tarafından gelen dalga biçimlerini filtrelemek amacıyla genişletebilen en az iki dalga şekli çoğullayıcı (3),
 - 15
 - alıcının kanal yayılma uzunluğu etkisi dahil olmak üzere kod çözerek, dalga şekli çoğullayıcıdan (3) gelen uzunluğu veri bloğu boyutunun uzunluğuna ve alıcının (Rx) kanal yayılma uzunluğuna eşit olan dalgaları veriye dönüştürmek amacıyla düzenleyip alıcının (Rx) verimini arttıran en az bir dönüşüm dengeleyici (4) ile **karakterize edilen bir sistem (1).**
 - 20
2. Kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki verici (Tx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli dönüştürücü (2) ile karakterize edile İstem 1'deki gibi bir sistem (1).
25
3. Cihaz üzerinde bulunan ve gönderilmek amacıyla verici (Tx) yönüne aktarılmış olan veri bloklarının anlamlandırmasını yapabilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli dönüştürücüsü (2) ile karakterize edilen İstem 1 ve İstem 2'deki gibi bir sistem (1).
30

4. Veri bloklarını anlamlandırdıktan sonra söz konusu aktarılabacak verileri, seri veri yolundan paralel veri yoluna dönüştürebilecek yapıda olan dalga şekli dönüştürücü (2) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 5
5. Veri yollarını paralel yaparak dalga şekli çoğullayıcıya (3) aynı anda birden fazla dalga şekli girişi yapabilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli dönüştürücü (2) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 10
6. Birden fazla veri yolu ile dalga şekli dönüştürücüden (2) dalga şekli girişi alabilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 15
7. Kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki verici (Tx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 20
8. Dalga şekillerini kanal bazlı dikgen zaman temelindeki vektörler ile çarpacak ve daha sonra toplayacak şekilde yapılandırılan dalga şekli çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 25
9. Dalga şekillerini filtreleyebilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

10. Topladığı dalga şekillerini paralel veri yolundan seri veri yoluna dönüştürebilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

5

11. Kanala verici (Tx) vasıtasıyla göndereceği söz konusu işlenmiş dalga şekillerine koruma periyodu ekleyebilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

10

12. Kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki alıcı (Rx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

15

13. Kanal yoluyla aldığı dalga şekillerinin veri yolunu seriden paralele dönüştürebilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

20

14. Kanal tarafında geçen zaman ile dalga saçılım etkisini azaltmak ve dalga sembol dönüşünü engellemek için kanaldan alıcı (Rx) tarafından alınan dalga şekillerini kanal bazlı dikgen zaman temelindeki vektörler ile çarpacak ve daha sonra toplayacak şekilde yapılandırılan dalga şekli çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

25

15. Dönüşüm dengeleyiciye (4) işlenmiş dalga şekillerini paralel veri yolu ile aynı anda birden fazla dalga şekli aktarmak üzere yapılandırılan dalga şekli

çoğullayıcı (3) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

- 5 16. Kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki verici (Tx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılan dönüşüm dengeleyici (4) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 10 17. Dalga şekli çoğullayıcıdan (3) paralel veri yolu ile aynı anda birden fazla dalga şekli almak üzere yapılandırılan dönüşüm dengeleyici (4) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 15 18. Aldığı dalga şekillerini dönüşümünü dengeleyerek sistem (1) üzerindeki enerji harcamasını kısarak verimliliği arttıracak şekilde yapılandırılan dönüşüm dengeleyici (4) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 20 19. Dalga şekillerini dönüştürülmeden önce gürültüyü filtreleyecek şekilde yapılandırılan dönüşüm dengeleyici (4) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 25 20. İşlediği dalga şeklini dalga şekli çözücüye (5) paralel veri yolu ile aynı anda birden fazla dalga şekli aktarabilecek şekilde yapılandırılan dönüşüm dengeleyici (4) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).
- 30 21. Kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki alıcı (Rx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılan dalga şekli çözücü (5) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

22. Dönüşüm dengeleyiciden (4) paralel veri yolu ile aynı anda birden fazla dalga şekli almak üzere yapılandırılan dalga şekli çözücü (5) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

5

23. Koruma periyodu ile korunan ve dönüşüm dengeleyiciden (4) işlenmiş dalga şeklini elde ederek söz konusu dalga şeklini elektronik cihazın kullanacağı veriye dönüştürmek üzere yapılandırılan dalga şekli çözücü (5) ile karakterize edilen yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir sistem (1).

10

TARİFNAME

KANAL TEMELLİ DÖNÜŞÜM KULLANAN GÜVENLİ VE UYUM SAĞLAYAN DİKGEN BÖLMELİ DALGA ŞEKİLLERİ ÇOĞULLAMA SİSTEMİ

5

Teknik Alan

10 Bu buluş, ileri düzey kablosuz iletişim sistemlerinde (5G ve ileri sistemler gibi), gizli dinleme ve yanıltıcı (spoofing (impersonation)) saldırılarına karşı güvenli ve uyum sağlayabilen bir dalga şekilleri çoğullama sistemi ile ilgilidir.

Önceki Teknik

15 Kablosuz haberleşme sistemlerinde son on yılda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Gelişen teknoloji ile yeni haberleşme protokolleri (3G ve 4G gibi) ortaya çıkmıştır. Son yıllarda, söz konusu haberleşme protokollerinden çok daha hızlı veri transferine olanak sağlayan yeni bir haberleşme protokolü ortaya çıkmıştır. 5G adı verilen bu protokol kullanıcılar için alışagelmış bir hızın çok üstünde bir
20 veri transfer hızı sağlarken güvenlik açıklarından yararlanan kötü niyetli kişilerin işlerini de kolaylaştırabilmektedir. Güvenli ve hızlı bir kablosuz veri transfer sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra, elektronik cihazların çeşitliliğinin artması ile gönderilen verinin uyum sorunları ortaya çıkmıştır. Alıcı tarafın verimli ve gizli bir şekilde gönderilen veriyi alması için uyumlu ve güvenli
25 bir kablosuz haberleşme protokolünün geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Günümüzde kablosuz veri transferi teknolojileri, alıcı ve verici tarafların her ikisinde de sabit dalga şekilleri kullanmaktadır. OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing-Dikgen Frekans Bölmeli Çoğullama) yöntemi, geniş bantlı
30 kablosuz haberleşme sistemlerinde frekans seçmeli kanal tarafından gerçekleşen semboller arası etkileşim sorununu çözse de bu yöntem iki büyük sorun ile

karşılaşmaktadır. İlk olarak, Tx / Rx sinyallerinin sabit olduğu ve kanal varyasyonlarına uymayan ve hata oranı performansı ve verimlilik sınırlamasına neden olan, statik, optimal olmayan bir alıcı-verici tasarımı ile karşılaşılmaktadır. Bunun yanında, tüm CP-OFDM tabanlı dalga biçimleri, FFT dönüşüm işleminden önce alıcı taraftaki sinyalin CP kısmını atarak, sızdırılmış sinyal enerjisinin ve optimum olmayan tasarımın kaybına neden olurken, ZP-OFDM'de (Zero Padding-OFDM), sinyalin ZP kısmı gürültüyle birlikte kesilmekte ve OFDM sinyalinin başına eklenmekte, bununla birlikte performansı CP-OFDM'ye dönüşmektedir. Açıklanan buluşta sızdırılan sinyal enerjisi meşru kullanıcı kanalından vericide kanal yayılma uzunluğuna göre kullanılan temel işlev dönüşümlerinden (örn. dalga biçimleri) çıkarılarak uygun bir şekilde toplanmakta ve bu sayede güvenliğin sağlanması ile kanal uzunluğu artıkça artmaktadır. İkinci olarak, toplumsal alanlarda kullanılan kablosuz ağlar, kötü amaçlı kullanıma açıktır ve güvenlik zafiyeti yaratmaktadır.

Açıklanan buluşta, çoğu OFDM tabanlı dalga biçiminde kullanılan fourier dönüşümü yerine kanal tabanlı dönüşüm kullanarak fiziksel katman güvenliği sağlanmaktadır. Böylece OFDM'de olduğu gibi sabitlenmiş üslü-temel işlevler kullanmak yerine, meşru kullanıcının kanalından çıkarılan ve bunlara uyarlanan yeni temel işlevler, veri simgelerini güvenli bir şekilde ayarlamak ve çözmek için kullanılmaktadır. Sonuç olarak, güvenlik, özgün tasarımın özünde bulunan bir özellik, daha ziyade sistem tasarımında karmaşıklığa ve yüke neden olabilecek bir sisteme ek olarak ortaya çıkmaktadır. Günümüzdeki kablosuz iletişim teknolojilerinin sorunlarını ele aldığımızda güvenli ve kanallar arası uyum sağlayabilen bir kablosuz iletişim sistemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Tekniğin bilinen durumunda yer alan KR20080085321 sayılı Kore patent dokümanında, dikey frekanslı dağıtım sistemlerinde adapte olabilen bir dağıtım yönteminden bahsedilmektedir.

30

Tekniğin bilinen durumunda yer alan US2009219803 sayılı Birleşik Devletler patent dokümanında, frekans seçimli kanal bulunduran dikey frekans dağıtımli kablosuz iletişim sisteminden ve kanal kompanzasyon yönteminden bahsedilmektedir.

5

US9014665 sayılı Birleşik Devletler patent dokümanında ilgili hedef alıcılara iletim için bir veya daha fazla veri akışının üretilmesini ve bir veya daha fazla frekans bozma akışı içeren bir iletişim yönteminden bahsedilmektedir.

10

US2010265999 sayılı Birleşik Devletler patent dokümanında bir zaman bölmeli çoklu erişim fiziksel katman yapısına sahip olan ve bir dik açılı frekans bölümü çoklu erişim sembolleri dizisini içeren bir iletişim sinyali dalga biçimini iletmek ve almak üzere yapılandırılmış bir kablosuz radyo alıcı-verici sisteminden bahsedilmektedir.

15

US2014153723 sayılı Birleşik Devletler patent dokümanında, kullanıcı verilerini güvenlik karakteristiklerine göre dönüştürmek ve dönüştürülen veriyi iletişim kanalı için uygun bir biçimde işlemek ve ayrıca işleme tabi tutulan veriyi iletişim kanalı üzerine iletmek üzere kullanılan, fiziksel katman güvenliği sistemi, cihazı ve yönteminden bahsedilmektedir.

20

US8433894 sayılı Birleşik Devletler patent dokümanında fiziksel katman güvenlik işlemini gerçekleştirmek kullanılan bir yöntem ve bir aparatından bahsedilmektedir.

25

Buluşun Kısa Açıklaması

Bu buluş, ileri düzey kablosuz iletişim sistemlerinde (5G ve ileri sistemler gibi) güvenli ve uyum sağlayabilen bir dalga şekilleri çoğullama sistemi ile ilgilidir.

30

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Bu buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen “Kanal temelli dönüşüm kullanan güvenli ve uyum sağlayan dikgen bölmeli dalga şekilleri çoğullama sistemi” ekli şekillerde gösterilmiş olup, bu şekiller;

Şekil 1 Buluş konusu sistemin şematik bir görünüşüdür.

Şekil 2-3 Sırasıyla FH ve V (L=9 musluklu bir kanaldan çıkarılan) tarafından verilen ters fourier ve kanal tabanlı dönüşüm matrislerinin ilk dört temel fonksiyonlarının genliğine göre OFDM ve OTDM arasındaki karşılaştırmanın gösterildiği grafiklerdir.

Şekil 4-5 Sırasıyla FH ve V (L=9 musluklu bir kanaldan çıkarılan) tarafından verilen ters fourier ve kanal tabanlı dönüşüm matrislerinin ilk dört temel fonksiyonlarının gerçek kısmı açısından OFDM ve OTDM arasındaki bir karşılaştırmanın gösterildiği grafiklerdir.

Şekil 6-7 Sırasıyla FH ve V (L=9 musluklu bir kanaldan çıkarılan) tarafından verilen ters fourier ve kanal tabanlı dönüşüm matrislerinin ilk dört temel fonksiyonunun hayali kısmı cinsinden OFDM ve OTDM arasındaki bir karşılaştırmanın gösterildiği grafiklerdir.

Şekil 8-9 Sırasıyla FH ve V tarafından verilen ters fourier ve kanal tabanlı dönüşüm matrislerinin ilk dört temel fonksiyonlarının frekansı açısından OFDM ve OTDM arasındaki bir karşılaştırmanın gösterildiği grafiklerdir.

Şekil 10 OFDM (Fourier tabanlı dönüşüm) ile karşılaştırıldığında, önerilen OTDM'yi kullanan meşru bir alıcının (Rx) Bit Hata Oranlarını (BER) gösterildiği grafiklerdir.

Şekillerde yer alan parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaraların karşılıkları aşağıda verilmiştir.

1. Sistem
2. Dalga şekli dönüştürücü

3. Dalga şekli çoğullayıcı
4. Dönüşüm Dengeleyici
5. Dalga şekli çözücü

5 Tx: Verici
Rx: Alıcı

İleri düzey kablosuz iletişim sistemlerinde güvenli ve uyum sağlayabilen bir dalga şekilleri çoğullamasını sağlayan buluş konusu sistem (1);

- 10 - verici (Tx) üzerinde çalışan ve cihazdaki aktarılması gereken verileri dalga biçimine dönüştürebilen en az bir dalga şekli dönüştürücü (2),
- verici (Tx) üzerinde çalışarak dalga şekli dönüştürücü (2) tarafından gelen dalga biçimlerine filtre ve güvenlik periyodu uygulayıp söz konusu dalga biçimlerini kanal tabanlı iletim ön kodu (precoding) ile genişletebilen ve
- 15 alıcı (Rx) üzerinde çalışarak kanal tarafından gelen dalga biçimlerini filtrelemek amacıyla genişletebilen en az iki dalga şekli çoğullayıcı (3),
- alıcının kanal yayılma uzunluğu etkisi dahil olmak üzere kod çözerek, dalga şekli çoğullayıcıdan (3) gelen, uzunluğu veri bloğu boyutunun uzunluğuna ve alıcının (Rx) kanal yayılma uzunluğuna eşit olan dalgaları
- 20 veriye dönüştürmek amacıyla düzenleyip alıcının (Rx) verimini arttıran en az bir dönüşüm dengeleyici (4) ve
- alıcı (Rx) üzerinde çalışarak dönüşüm dengeleyiciden (4) gelen dalga şekillerini anlamlandırarak alıcı (Rx) tarafın kullanması için veriye dönüştürebilen en az bir dalga şekli çözücü (5) içermektedir. (Şekil 1)

25

Buluş konusu sistemde (1) yer alan dalga şekli dönüştürücü (2), kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki verici (Tx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılmıştır.

Dalga şekli dönüştürücüsü (2), cihaz üzerinde bulunan ve gönderilmek amacıyla verici (Tx) yönüne aktarılmış olan veri bloklarının anlamlandırmasını yapabilecek şekilde yapılandırılmıştır.

- 5 Dalga şekli dönüştürücü (2), veri bloklarını anlamlandırdıktan sonra söz konusu aktarılan verileri, seri veri yolundan paralel veri yoluna dönüştürebilecek yapıdadır.

- 10 Dalga şekli dönüştürücüsü (2), veri yollarını paralel yaparak dalga şekli çoğullayıcıya (3) aynı anda birden fazla dalga şekli girişi yapabilecek şekilde yapılandırılmıştır.

- 15 Buluş konusu sistemde (1) yer alan dalga şekli çoğullayıcı (3), birden fazla veri yolu ile dalga şekli dönüştürücünden (2) dalga şekli girişi alabilecek şekilde yapılandırılmıştır.

Dalga şekli çoğullayıcı (3), kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki verici (Tx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılmıştır.

- 20 Dalga şekli çoğullayıcı (3), dalga şekillerini kanal bazlı dikgen zaman temelindeki vektörler ile çarpacak ve daha sonra toplayacak şekilde yapılandırılmıştır.

- 25 Dalga şekli çoğullayıcı (3), dalga şekillerini filtreleyebilecek şekilde yapılandırılmıştır.

Dalga şekli çoğullayıcı (3), topladığı dalga şekillerini paralel veri yolundan seri veri yoluna dönüştürebilecek şekilde yapılandırılmıştır.

- 30 Dalga şekli çoğullayıcı (3), kanala verici (Tx) vasıtasıyla göndereceği söz konusu işlenmiş dalga şekillerine koruma periyodu ekleyebilecek şekilde yapılandırılmıştır.

Dalga şekli çoğullayıcı (3), kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki alıcı (Rx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılmıştır.

- 5 Dalga şekli çoğullayıcı (3), kanal yoluyla aldığı dalga şekillerinin veri yolunu seriden paralele dönüştürebilecek şekilde yapılandırılmıştır.

10 Dalga şekli çoğullayıcı (3), kanal tarafında geçen zaman ile dalga saçılım etkisini azaltmak ve dalga sembol dönüşünü engellemek için kanaldan alıcı (Rx) tarafından alınan dalga şekillerini kanal bazlı dikgen zaman temelindeki vektörler ile çarpacak ve daha sonra toplayacak şekilde yapılandırılmıştır.

15 Dalga şekli çoğullayıcı (3), dönüşüm dengeleyiciye (4) işlenmiş dalga şekillerini paralel veri yolu ile aynı anda birden fazla dalga şekli aktarmak üzere yapılandırılmıştır.

20 Buluş konusu sistemde (1) yer alan dönüşüm dengeleyici (4), kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki verici (Tx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılmıştır.

Dönüşüm dengeleyici (4), dalga şekli çoğullayıcıdan (3) paralel veri yolu ile aynı anda birden fazla dalga şekli almak üzere yapılandırılmıştır.

25 Dönüşüm dengeleyici (4), aldığı dalga şekillerini dönüşümünü dengeleyerek sistem (1) üzerindeki enerji harcamasını kısarak verimliliği arttıracak şekilde yapılandırılmıştır.

30 Dönüşüm dengeleyici (4), dalga şekillerini dönüştürülmeden önce gürültüyü filtreleyecek şekilde yapılandırılmıştır.

Dönüşüm dengeleyici (4), işlediği dalga şeklini dalga şekli çözücüyü (5) paralel veri yolu ile aynı anda birden fazla dalga şekli aktarabilecek şekilde yapılandırılmıştır.

- 5 Buluş konusu sistemde (1) yer alan dalga şekli çözücü (5), kablosuz ağlar ile veri alışverişi yapabilen bir cihaz üzerindeki alıcı (Rx) üzerinde çalışabilecek şekilde yapılandırılmıştır.

10 Dalga şekli çözücü (5), dönüşüm dengeleyiciden (4) paralel veri yolu ile aynı anda birden fazla dalga şekli almak üzere yapılandırılmıştır.

Dalga şekli çözücü (5), koruma periyodu ile korunan ve dönüşüm dengeleyiciden (4) işlenmiş dalga şeklini elde ederek söz konusu dalga şeklini elektronik cihazın kullanacağı veriye dönüştürmek üzere yapılandırılmıştır.

15

Söz konusu sistem (1) sayesinde, verici (Tx) durumdaki elektronik cihazın verileri dalga şekli dönüştürücüye (2) aktarılır. Dalga şekli dönüştürücüde (2) çeşitli matematiksel işlemler uygulanarak veri biçimi dalga şekline dönüştürülür ve aynı anda birden fazla dalga şekli dalga şekli çoğullayıcıya (3) aktarılır. Dalga şekli 20 çoğullayıcı (3) elde ettiği dalga şeklini, kanal temelli dikgen zaman bazında çarpıp ve tüm dalga şekillerini toplar. Kanala verici (Tx) vasıtasıyla aktarmadan önce dalga şekli çoğullayıcı (3), işlenmiş dalga biçimine dalga şekli çözücüde (5) çözülmek üzere koruma periyodu yükler.

25

Buluş konusu sistem (1) doğrultusunda, Alice olarak adlandırılan bir vericinin (Tx), BOB adlı meşru bir alıcıyla (Rx) iletişim kurduğu, Eve denen bir dinleyicinin de iki meşru taraf (Alice ve Bob) arasındaki iletişimi durdurmaya çalıştığı, tek-giriş tek-çıkış (SISO) sistemi dikkate alınarak bir matematiksel model açıklanmaktadır. Şekil 10, OFDM (Fourier tabanlı dönüşüm) ile 30 karşılaştırıldığında, önerilen OTDM'yi (kanal tabanlı dönüşümler) kullanan meşru bir alıcının (Rx) bit hata oranlarını (BER) göstermektedir. $BER=10^{-3}$ 'de OTDM,

sırasıyla $L=9$ olan üstel bozulma ve eşit dağılımlı güç gecikme profilleri için OFDM'den en az 3 dB ve 5 dB daha iyi performans göstermektedir. Düzgün profil üstelden daha iyi BER vermektedir, bunun sebebi düzgün profilin, tüm musluklar üzerinde eşit derecede önemli bir yayılma kazancı elde etmesi, ikincil olarak da

5 kanalın bozulmalı doğasından ötürü yüksek sıralı muslukların (örnek olarak son $(L-1)$. musluklar) çoğunda önemsiz bir kazanç sağlamasıdır. Bu sayede düzgün profil durumunda ZP periyodunda biriken enerji üstel profilin enerjisinden daha yüksektir bu da daha düşük bir BER'e neden olmaktadır. Bunun yanında şekil 10 performansın musluk sayısına bağlı olduğunu göstermektedir. Kanal uzunluğunun

10 daha uzun olması halinde, ZP'ye daha fazla sinyal enerjisi yayılması nedeni ile musluk sayısı $L=9$ 'dan $L=12$ 'ye arttıkça Bob'un BER oranı artmaktadır. Diğer taraftan, koruma periyodundaki girişim sızıntısının UH'yi kullanarak gürültü varlığında toplanması sinyal enerjisi ile daha az gürültüyü topladığı için uygundur. Bu daha iyi bir BER'e yol açan daha yüksek bir SNR (sinyal gürültü

15 oranı) ile sonuçlanmaktadır. Bu dağıntık sinyal içeren koruma periyodunun FTT işlemi öncesinde ayrıldığı OFDM ile benzeşmemektedir.

Ayrıca, şekil 10, yöntemin tamamıyla farkında olduğu ve Bob ile aynı dönüşüm matrisini kullandığı varsayılsa da Eve'in alçaltılmış BER performansını

20 açıklamaktadır. Bu, Alice-Bob kanalı üzerinden Alice-Eve kanalından farklı kanal bağımlı dalga formlarının kullanılması nedeni ile olmaktadır. Sonuç olarak, sistemin cevabı köşegenleştirilemez ve Eve'e göre veri sembolleri arasında ciddi bir simgeler arası girişim meydana gelecektir.

25 Amaç temel olarak kanal gerçeklemlerine dayalı olarak ortak uyarlanabilir Tx/Rx dalga formları tasarlamak olup bu sayede optimal alıcı-verici tasarımı ve fiziksel katman güvenliği aynı zamanda elde edilebilmektedir. Bir s iletim bloğu içindeki toplam bilgi simgeleri sayısı N olup s aşağıdaki gibidir:

30
$$s = [s_0 \ s_1 \ \dots \ s_{N-1}]^T \in C^{[N \times 1]} \dots \dots \dots 1$$

Karışık baz-band modülasyonlu sembollerin her biri, s_i , belirli bir kanal temelli dikey sinyal, \mathcal{V}_i ile filtrelenmekte ya da taşınmakta, filtreleme işlemi bu durumda her veri simgesi ve bir dikey temel vektör arasındaki basit bir çarpma işlemi aracılığıyla uygulanmaktadır. İletilecek N veri sembolü için, V'nin sütun vektörlerinden alınabilen, N taşıyan dikey temel vektörlerine (sinyeller) ihtiyaç duyulmaktadır.

$$V = [\mathcal{V}_0 \ \mathcal{V}_1 \ \dots \ \mathcal{V}_{N-1}]^T \in \mathcal{C}^{[NxN]} \dots \dots \dots 2$$

Dolayısıyla, V meşru kullanıcının kanalına bağlı olarak değişen, kanal tabanlı dönüşüm matrisi olarak görülebilmektedir. Ayrıca, V'deki her i. sütun vektörü şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\mathcal{V}_i = [\mathcal{V}_0 \ \mathcal{V}_1 \ \dots \ \mathcal{V}_{N-1}]^T \in \mathcal{C}^{[Nx1]} \dots \dots \dots 3$$

Her bir simgeyi ilgili ana vektörü ile çarptıktan sonra, bir OTDM (Ortogonal Kanal Tabanlı Dönüşüm Bölmeli Çoğullama) sembolü olarak adlandırılan bir örnek x bloğunu elde etmek için sonuçlanan tüm katılımların toplamı alınmaktadır. Bu işlem matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmektedir.

$$x = \sum_{i=0}^{N-1} s_i * \mathcal{V}_i \in \mathcal{C}^{[Nx1]} \dots \dots \dots 4$$

Daha da basitleştirilerek aşağıdaki gibi bir matris formuna dönüşmektedir:

$$x = V * s \in \mathcal{C}^{[Nx1]} \dots \dots \dots 5$$

Bloklarası girişim (IBI) olarak bilinen ardışık bitişik bloklar arasındaki girişimi engellemek için, sıfır doldurma, kanal gecikme yayılımının L uzunluğuna eşit uzunlukta bir koruma periyodu aralığı her bloğun sonuna eklenmektedir.

Tasarımımızdaki sıfır kuyruk aktarmanın olmadığı periyod olarak anlaşılabilir. Ayrıca, koruma periyodu uzunluğu kanal yayılımına eşit olacak şekilde ayarlandığı içi koruma periyodundan ilaveten gereksiz olan uzatma önlenmektedir. Sıfır kuyruğun OTDM sembol x 'e eklenmesinden sonra, OTDM 5 sembolü sinyal tepkisi ile yavaş yavaş değişen frekans seçici sönümlenen kanalıdan oluşan L-yönü üzerinden gönderilmektedir.

$$h_b = [h_0 \ h_1 \ \dots \ h_{L-1}] \in \mathcal{C}^{[L \times 1]} \dots \dots \dots 6$$

10 Pratik sistemlerde, blok uzunluğu, kanal durumunun değişmediği kabul edilen (neredeyse sabit), maksimum süre olan tutarlılık süresi dikkate alınarak belirlenmektedir. Güvenilir kullanıcının (Bob) tarafında alınan baz bandı sinyali şu şekilde ifade edilmektedir:

$$y = h_b * x + z_b \in \mathcal{C}^{[(N+L-1) \times 1]} \dots \dots \dots 7$$

15

$$y_i = \sum_{i=0}^{L-1} h_i * x_{(i-1)} + z_{b(i)} \dots \dots \dots 8$$

Y bir OTDM simgesinin alınan bloğudur ve z_b , Bob tarafındaki sıfır ortalamalı karmaşık ilave beyaz Gauss gürültüsüdür (AWGN). Önceki evrişim biçimi aynı 20 zamanda doğrusal cebirsel bir matris biçiminde eşdeğer olarak aşağıdaki gibi yazılabilmektedir:

$$y = H_b * x + z_b = H_b * V * s + z_b \in \mathcal{C}^{[(N+L-1) \times 1]} \dots \dots \dots 9$$

25

Burada H_b Tx (Alice) ile meşru Rx (Bob) arasındaki sönümlenen kanalın gerçekleşmesinin toeplitz matrisidir ve aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$\mathbf{H}_b = \begin{bmatrix} h_{00} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ h_{10} & h_{00} & 0 & \dots & 0 \\ h_{20} & h_{10} & h_{00} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ h_{L-2,0} & h_{L-2,1} & \dots & \dots & \dots \\ 0 & h_{L-2,1} & h_{L-2,2} & \dots & \dots \\ 0 & 0 & h_{L-2,2} & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & h_{L-2,L-2} \end{bmatrix}$$

Alıcıda (Rx), kanal yanıtını diyagonal hale getirmek için kanaldan optimal şekilde çıkarılan çoklu dikey temellerden (sinyallerden) oluşan bir matris U kullanarak y üzerinde bir kanal tabanlı dönüşüm gerçekleştirilmektedir. Bu işlemi ardından, dönüşüm alanındaki bir diyagonal matris E'yi kullanan bir eşitleme işlemektedir. Diğer taraftan, Eve tarafından L yolunda yakalanan sinyal aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$y_e = H_e * x + z_e = H_e * V * s + z_e \in C^{[(N+L-1) \times 1]} \dots \dots \dots 10$$

Burada, H_e ve z_e sırasıyla karmaşık Teopltiz kanal cevap matrisi ve Eve'in AWGN'dir. Bunun yanında, Eve pasif bir düğüm olduğundan dolayı Alice'in Bob'un kanalı hakkında bilgi sahibi olduğu, Eve'in kanalı hakkında herhangi bir bilgi sahibi olmadığı gerçekçi varsayım olarak benimsenmektedir. Bunun yanı sıra, Eve'in yayın tekniğini bilgi varsayılmakta ve bu sebeple uygun kanalından kendisinin algılama işleminde onları kullanmak için dikey sinyaller çıkarmaya çalışmaktadır. Son bir not olarak Bob ve Eve'in bağımsız kanal gerçekleştirmeleri yaşadığı varsayılmaktadır. Çünkü kablosuz kanal yanıtı vericinin (Tx) ve alıcının (Rx) yanı sıra çevreye özgüdür. Dolayısıyla, H_b ve H_e 'nin birbirleriyle ilgisiz olduğu varsayılmaktadır.

Dönüşüm alanı (frekans alanına paralel), her ikisi de meşru kullanıcının kanalında aşağıdaki gibi ayrıştırma yapılarak elde edilen, vericide (Tx) V ve alıcıda (Rx) U kullanmanın bir sonucu olarak elde edilmektedir:

5
$$H_b = U * E * V^H \dots \dots \dots .11$$

10 Tasarım sırasıyla V ve UH elde etmek için, Hb üzerinde, örnek olarak V^H ve U, tekil değer bozunumunun (SVD-singular value decomposition) uygulanmasından kaynaklanan sağ ve sol matrislerin hermitini alarak başlamaktadır.

15 Sinyallere veri simgeleri atama ve ardından bunları toplama işlemi denklem 5'te olduğu gibi kolayca bir matris formunda uygulanabilmektedir. X kanla boyunca geçtiğinde ve meşru alıcıya ulaştı durumda, alınan OTDM aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$y = H_b * V * s + z = U * E * s + z \dots \dots \dots .12$$

20 Önceki denklemde görüldüğü üzere, H_b eşit olarak SVD'si kullanılarak yazılabildiğinden, vericide (Tx) kullanılan ön kodlama matrisi V, kanalın sağ bölümünün etkisini iptal etmekte, çünkü çarpımları bir kimlik matrisi ile sonuçlanmaktadır. Bu sayede net alınan sinyal aşağıdaki gibi yeniden formüle edilmektedir:

25
$$y = U * E * s + z \dots \dots \dots .13$$

Kanal yayılımının getirdiği zaman dağılımının etkisini ve U kanalının sol bölümünün neden olduğu sembol dönüşünü kaldırmak için, alıcının (Rx) alınan sinyali U^H ile aşağıdaki gibi çarpması gerekmektedir;

30
$$U^H * y = E * s + U^H * z = E * s + z^{\wedge} \dots \dots \dots .14$$

Burada $z^{\wedge} = U^H * z$ ve U^H matrisinin üniter niteliğinden dolayı, z^{\wedge} , z ile aynı istatistiklere ve karakteristiklere sahiptir. Tahmini veri simgeleri, her veri simgesi üzerindeki kanalın gücünü (spektrum) içeren dikey matris E 'nin etkisini eşitleyerek elde edilmektedir. Bu basit eşitleme işlemi şu şekilde verilmektedir:

5

$$s^{\wedge} = E^{-1} * U^H * y = E^{-1}(E * s + U^H * z) \dots \dots \dots 15$$

$$s^{\wedge} = s + E^{-1} * U^H * z = s + E^{-1} * z^{\wedge} \dots \dots \dots 16$$

10

Bu işlem sayesinde, kanal tarafından aktarım süresinde oluşan saçılım etkisi azaltılır. İşlem sonunda, dönüşüm dengeleyici (4) toplanmış dalga şekillerini alır ve bir filtre ile sistem (1) üzerinde harcanan güç optimizasyonunda bulunur. Dönüşüm dengeleyiciden (4) işlenmiş dalga şeklini elde eden dalga şekli çözücü (5), dalga şeklini anlamlandırarak ve koruma periyodunu çözerek verici (Tx) tarafından iletilen veri bloklarına dönüştürür. Dönüştürülen veri blokları, alıcı (Rx) vasıtasıyla kullanıcının elektronik cihazına aktarılır.

15

20

Bu temel kavramlar etrafında, buluş konusu kanal temelli dönüşüm kullanan güvenli ve uyum sağlayan dikgen bölmeli dalga şekilleri çoğullama sistemi (1) ile ilgili çok çeşitli uygulamaların geliştirilmesi mümkün olup, buluş burada açıklanan örneklerle sınırlandırılmaz, esas olarak istemlerde belirtildiği gibidir.