

ÖZET

UYARLANABİLİR MODÜLASYON KATSAYILI BİR DİKEY FREKANS
BÖLMELİ ÇOKLAMA YÖNTEMİ

- 5 Bu buluşla, kablosuz veri iletişiminde kullanıma uygun olan bir uyarlanabilir modülasyon katsayılı bir dikey frekans bölmeli çoklama yöntemi açıklanmaktadır. Bahsedilen yöntem, kablosuz bağlantı kullanacak olan bütün düğümlerden birbirlerine bir referans sinyali gönderilerek kanal belirlenmesi; hızlı fourier dönüşümü kullanılarak kanal katsayı vektörünün frekans bölgesi vektörüne
- 10 dönüştürülmesi; her bir düğümde, frekans bölgesi vektörünün her biri n sayıda element içeren tt sayıda alt-bloğa bölünmesi; her bir alt bloğun içerdiği elementlerin ortalamasının alınması ile her bir alt-blok için bir ortalama değeri elde edilmesi; bahsedilen alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre dört gruba ayrılması; her bir gruptaki alt-bloklara, gruptaki alt-blokların ortalama
- 15 değerlerinin yüksekliklerine göre bir alt-taşıyıcı aktivasyon oranı değeri ve modülasyon sırası değeri atanması adımlarını içermektedir.

İSTEMLER

1. Kablosuz veri iletişimde kullanıma uygun olan bir uyarlanabilir modülasyon katsayılı bir dikey frekans bölmeli çoklama yöntemi olup
- 5 özelliği;
- kablosuz bağlantı kullanacak olan bütün düğümlerden birbirlerine bir referans sinyali gönderilerek kanal belirlenmesi;
 - hızlı fourier dönüşümü kullanılarak kanal katsayı vektörünün frekans bölgesi vektörüne dönüştürülmesi;
 - 10 - her bir düğümde, frekans bölgesi vektörünün her biri n sayıda element içeren m sayıda alt-bloğa bölünmesi;
 - her bir alt bloğun içerdiği elementlerin ortalamasının alınması ile her bir alt-blok için bir ortalama değeri elde edilmesi;
 - bahsedilen alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre
 - 15 dört gruba ayrılması;
 - her bir gruptaki alt-bloklara, gruptaki alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre bir alt-taşıyıcı aktivasyon oranı değeri ve modülasyon sırası değeri atanması
- adımlarını içermesidir.
- 20
2. İstem 1'e uygun bir yöntem olup özelliği; her bir alt bloğun içerdiği elementlerin ortalamasının alınması ile her bir alt-blok için bir ortalama değeri elde edilmesi adımı, aşağıdaki formülün kullanılmasıdır,

$$arr(\beta) = \frac{\sum_{r=1}^n |h_{s\beta,r}|}{n}.$$

25

burada, $av(\beta)$ ifadesi alt-bloğun ortalama değerine, $hs_{\beta,r}$ ifadesi β alt-bloğunun r sayılı elementine, n ifadesi de her bir alt-bloktaki alt-taşıyıcı sayısına karşılık gelmektedir.

- 5 3. İstem 1'e uygun bir yöntem olup özelliği; bahsedilen alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre dört gruba ayrılması adımının, bütün alt-blokların ortalama değerinin ortalamasının hesaplanması; hesaplanan ortalamadan daha düşük ortalama değere sahip olan alt-blokların bir düşük gruba, hesaplanan ortalamadan daha yüksek veya
- 10 ortalamaya eşit olan ortalama değere sahip olan alt-blokların bir yüksek gruba atanması; bahsedilen yüksek gruptaki alt-blokların ortalamasının hesaplanması; bahsedilen düşük gruptaki alt-blokların ortalamasının hesaplanması; yüksek gruptaki alt bloklardan, ortalama değeri yüksek grubun ortalamasından yüksek veya eşit olan alt-blokların bir birinci gruba
- 15 atanması; yüksek gruptaki alt bloklardan, ortalama değeri yüksek grubun ortalamasından düşük olan alt-blokların bir ikinci gruba atanması; düşük gruptaki alt bloklardan, ortalama değeri düşük grubun ortalamasından yüksek veya eşit olan alt-blokların bir üçüncü gruba atanması; düşük gruptaki alt bloklardan, ortalama değeri düşük grubun ortalamasından
- 20 düşük olan alt-blokların bir dördüncü gruba atanması adımlarını içermesidir.
- 25 4. İstem 1'e uygun bir yöntem olup özelliği; her bir gruptaki alt-bloklara, gruptaki alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre bir alt-taşıyıcı aktivasyon oranı değeri ve modülasyon sırası değeri atanması adımında, içerdiği alt-blokların ortalama değerlerinin en yüksek olduğu gruptaki alt-bloklara alt-taşıyıcı aktivasyon oranı olarak en yüksek değer ve modülasyon sırası değeri olarak en yüksek değer atanmasıdır.
- 30 5. İstem 1'e veya 4'e uygun bir yöntem olup özelliği; her bir gruptaki alt-bloklara, gruptaki alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre

bir alt-taşıyıcı aktivasyon oranı değeri ve modülasyon sırası değeri atanması adımımda, içerdığı alt-blokların ortalama değerlerinin en düşük olduğu gruptaki alt-bloklara alt-taşıyıcı aktivasyon oranı olarak en düşük değer ve modülasyon sırası değeri olarak en düşük değer atanmasıdır.

5

6. İstem 1'e uygun bir yöntem olup özelliği; her bir gruptaki alt-bloklara, gruptaki alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre bir alt-taşıyıcı aktivasyon oranı değeri ve modülasyon sırası değeri atanması adımımda, birinci gruptaki alt-bloklara aktivasyon oranı olarak 4/4 değerinin ve modülasyon sırası değeri olarak 16 değerinin; ikinci gruptaki alt-bloklara aktivasyon oranı olarak 3/4 değerinin ve modülasyon sırası değeri olarak 8 değerinin; üçüncü gruptaki alt-bloklara aktivasyon oranı olarak 2/4 değerinin ve modülasyon sırası değeri olarak 4 değerinin; dördüncü gruptaki alt-bloklara aktivasyon oranı olarak 1/4 değerinin ve modülasyon sırası değeri olarak 2 değerinin atanmasıdır.

10

15

TARİFNAME
UYARLANABİLİR MODÜLASYON KATSAYILI BİR DİKEY FREKANS
BÖLMELİ ÇOKLAMA YÖNTEMİ

5 Teknik Alan

Bu buluş, özellikle kablosuz bağlantılarda, fiziksel katman güvenliğinin ve spektral verimliliğin artırılması için uyarlanabilir modülasyon katsayılı bir dikey frekans bölmeli çoklama yöntemi ilgilidir.

10

Önceki Teknik

Kablosuz iletişim uygulamalarında, bir vericiden bir alıcıya gönderilen veri açık alanda taşındığından, yetkisiz kişilerin bu veriye erişimi bulunabilmektedir.

15 Örneğin bir kullanıcı cep telefonu ile görüşme yaparken, cep telefonu tarafından baz istasyonuna gönderilen sinyaller yetkisiz kişiler tarafından da alınarak analiz edilebilmektedir. Bu analiz işlemi sonucunda, bahsedilen kullanıcının göndermiş olduğu orijinal veriye ulaşılabilir. Bu durum, özellikle kablosuz sistemlerin yaygınlaşması nedeniyle veri güvenliğini olumsuz etkilemektedir.

20

Geleneksel uygulamalarda, bahsedilen güvenlik probleminin çözümü olarak üst katman güvenlik uygulamaları kullanılmaktadır. Kriptografi olarak da adlandırılan şifreleme teknikleri ile üst katmandaki verilerin şifrelenerek veri ile alıcı arasında iletilmesi sağlanmaktadır. Ancak bu uygulamalar kompleks yapıda olduklarından,

25 5G gibi merkezi olmayan bağlantı uygulamalarında kullanıma uygun değildir. Kaldı ki, gelişmiş bilgisayar sistemleri tarafından şifreli verilerin çözülebilmesi mümkün olduğundan, bu gibi şifreleme uygulamaları istenilen güvenliğin sağlanması için de yeterli olamamaktadır.

30 Bahsedilen problemin çözümü için bilinen teknikte kullanılan uygulamalardan bir diğeri de fiziksel katman güvenliği (Physical Layer Security - PLS)

uygulamalarıdır. Bahsedilen fiziksel katman güvenliği uygulamalarında, kablosuz bağlantılardaki kanal rastgeleliği, girişim ve gürültü gibi değişken değerler kullanılarak şifreleme yapılmaktadır. Yetkisiz kişilerin bahsedilen değişken değerlere erişimi bulunmadığından, veri güvenliği nispeten basit ve güvenilir bir biçimde sağlanmaktadır. Ancak bilinen teknikteki uygulamalar, yüksek fiziksel katman güvenliğinin ve yüksek spektral verimliliğin bir arada sağlanması için yeterli olmamaktadır.

Buluşun Kısa Açıklaması

10

Bu buluşun amacı, özellikle kablosuz bağlantılarda, fiziksel katman güvenliğinin ve spektral verimliliğin artırılması için uyarlanabilir modülasyon katsayılı bir dikey frekans bölmeli çoklama yöntemi gerçekleştirmektir.

15 Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Kablosuz bağlantı uygulamalarında, bir vericiden gönderilen sinyal yetkili alıcı dışındaki cihazlar tarafından da alınabilmektedir. Bu durum, kablosuz bağlantı uygulamalarının güvenilirliğini azaltmaktadır. Bu sebeple mevcut buluşla, özellikle kablosuz bağlantılarda, fiziksel katman güvenliğinin ve spektral verimliliğin artırılması için uyarlanabilir modülasyon katsayılı bir dikey frekans bölmeli çoklama yöntemi geliştirilmektedir.

Mevcut buluşla geliştirilen uyarlanabilir modülasyon katsayılı bir dikey frekans bölmeli çoklama yöntemi, kablosuz bağlantı kullanacak olan bütün düğümlerden (nod) birbirlerine bir referans sinyali gönderilerek kanal belirlenmesi; hızlı fourier dönüşümü (fast fourier transform - FFT) kullanılarak kanal katsayı vektörünün frekans bölgesi vektörüne (h_f) dönüştürülmesi; her bir düğümdede, frekans bölgesi vektörünün her biri n sayıda element içeren tt sayıda alt-bloğa (β) bölünmesi; her bir alt bloğun içerdiği elementlerin ortalamasının alınması ile her bir alt-blok için bir ortalama değeri elde edilmesi; bahsedilen alt-blokların ortalama değerlerinin

yüksekliklerine göre dört gruba ayrılması; her bir gruptaki alt-bloklara, gruptaki alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre bir alt-taşıyıcı aktivasyon oranı (Subcarrier Activation Ratio - SAR) değeri ve modülasyon sırası (Constellation Modulation -CM) değeri atanması adımlarını içermektedir.

5

Modülasyon katsayılı (Index Modulation - IM) dikey frekans bölmeli çoklama (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing - OFDM) uygulamalarında, veriler bloklar halinde iletilmektedir. Burada bahsedilen uygulamalar, kanal bazlı adaptasyon (CBA) içerebilmektedir. Modülasyon katsayılı dikey frekans bölmeli çoklama uygulamasında i numaralı bir blokta taşınan bit sayısı m_i olarak alındığında, bahsedilen m_i sayıdaki bit öncelikle tt sayıda gruba ayrılmaktadır. Burada her bir grup içerisinde p_j sayıda bit bulunmakta olup i numaralı bloktaki toplam bit sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

10

$$m_i = \sum_{j=1}^{tt} p_j$$

15

Modülasyon katsayılı dikey frekans bölmeli çoklama uygulamasında, alt-taşıyıcılar da tt sayıda alt-bloğa (β) ayrılmaktadır. Burada, her bir alt-bloktaki alt-taşıyıcı sayısı (n), herhangi bir modülasyon katsayılı dikey frekans bölmeli çoklama bloğundaki alt-taşıyıcı sayısının alt-blok sayısına (tt) bölünmesi ile elde edilmektedir. Sonrasında, her bir grup içerisindeki p_j sayıda bit, ilgili alt-bloğa eşleştirilmektedir (mapping). Bu eşleştirme, sembollerle ve kanal bazlı adaptasyon (CBA) baz alınarak alt-taşıyıcıların indekslerine göre gerçekleştirilmektedir. Her bir gruptaki p_j sayıda bit, p_{j1} sayıda ve p_{j2} sayıda bite bölünmektedir. Burada, p_{j1} sayıdaki bit indekslerle ve p_{j2} sayıdaki bit sembollerle taşınmaktadır. Daha spesifik olarak her bir alt-blokta, n sayıdaki alt-taşıyıcıdan k_j sayıdaki alt-taşıyıcı aktif olup bunlar p_{j1} sayıdaki bite göre bir indeks seçici tarafından seçilmektedir. Mevcut buluşla geliştirilen uygulamada, her bir alt-blok, kanal bazlı adaptasyon

20

25

- doğrultusunda farklı bir alt-taşıyıcı aktivasyon oranı (Subcarrier Activation Ratio - SAR) değerini (k_j/n) ve farklı bir modülasyon sırası (Constellation Modulation - CM) değerini içermektedir. Örnek bir uygulamada, alt-taşıyıcı aktivasyon oranları 1/4, 2/4, 3/4 ve 4/4 olan dört durum ile modülasyon sırası değeri 2, 4, 8 ve 16 olan dört durum kullanılmıştır. Burada indeks seçici, her bir alt-bloğun alt-taşıyıcı aktivasyon oranına bağlı olarak bir tarama tablosu (look-up-table) kullanmaktadır. Örnek bir tarama tablosu aşağıda gösterilmektedir.

<u>Alt-taşıyıcı</u> <u>aktivasyon oranı</u>	<u>Bit</u> <u>numarası</u>	<u>İndeks</u> <u>değerleri</u>
1/4	00	1
1/4	01	2
1/4	10	3
1/4	11	4
2/4	00	1, 2
2/4	01	2, 3
2/4	10	3, 4
2/4	11	1, 4
3/4	00	1, 2, 3
3/4	01	1, 2, 4
3/4	10	1, 3, 4
3/4	11	2, 3, 4

- 10 Yukarıda verilen tabloda, alt-taşıyıcı aktivasyon oranının 4/4 olması durumu belirtilmemektedir. Çünkü bahsedilen durumda hiçbir bilgi indeksle iletilmemektedir. Burada kalan p_{j2} sayıdaki bit, modülasyon sırası değerine göre M-ary veri sembollerine eşleştirilmektedir. Böylelikle verinin tamamı, indeks değerleri ile ve aktif alt-taşıyıcıları modüle eden M-ary sembollerle taşınmaktadır.
- 15 Her bir grup içindeki verilerin indeks değerleri ve/veya M-ary sembolleri belirlendikten sonra, her bir grup için bir alt-blok oluşturulmaktadır. Oluşturulan alt-bloklar, birleştirilerek bir blok elde edilmektedir. Elde edilen bloğa sırasıyla

serpiştirme (interleaving), ters hızlı hızlı fourier dönüşümü (inverse fast fourier transform - IFFT), ön-ekleme (cyclic prefix) işlemleri gerçekleştirilmektedir. Sonuç olarak oluşan sinyal, Rayleigh sönümlemeli kanalı (Rayleigh fading channel) vasıtasıyla alıcıya iletilmektedir. Alıcı tarafından alınan sinyalin işlenmesi ile orijinal veri elde edilmektedir. Burada, orijinal verinin elde edilmesi için her bir gruptaki bitlerin alt-taşıyıcı aktivasyon oranı bilgisine ve modülasyon sırası değeri bilgisine ihtiyaç bulunmaktadır. Ancak mevcut buluşla geliştirilen yöntemde bu değerler, veri gönderici ile yetkili alıcı arasında gönderilen referans sinyaline göre oluşturulduğundan, yetkisiz kişilerin bu bilgilere erişim imkanı bulunmamaktadır. Bu sebeple, yetkisiz bir kişi gönderici tarafından iletilen sinyali almış olsa dahi, alt-taşıyıcı aktivasyon oranı bilgisine ve modülasyon sırası değeri bilgisine sahip olmadığından orijinal veriyi elde etmesi mümkün olmamaktadır. Böylelikle, kablosuz veri iletişiminde veri güvenliğinin artırılması sağlanmaktadır.

Buluşun tercih edilen bir uygulamasında bahsedilen yöntemin her bir alt bloğun içerdiği elementlerin ortalamasının alınması ile her bir alt-blok için bir ortalama değeri elde edilmesi adımı, aşağıdaki formül kullanılmaktadır,

$$av(\beta) = \frac{\sum_{r=1}^n |hs_{\beta,r}|}{n}.$$

Burada, $av(\beta)$ ifadesi alt-bloğun ortalama değerine, $hs_{\beta,r}$ ifadesi β alt-bloğunun r sayılı elementine, n ifadesi de her bir alt-bloktaki alt-taşıyıcı sayısına karşılık gelmektedir.

Buluşun tercih edilen bir diğer uygulamasında, bahsedilen alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre dört gruba ayrılması adımı, bütün alt-blokların

ortalama değerinin ortalamasının hesaplanması; hesaplanan ortalamadan daha düşük ortalama değere sahip olan alt-blokların bir düşük gruba (g_1), hesaplanan ortalamadan daha yüksek (veya ortalamaya eşit olan) ortalama değere sahip olan alt-blokların bir yüksek gruba (g_2) atanması; bahsedilen yüksek gruptaki alt-blokların ortalamasının hesaplanması; bahsedilen düşük gruptaki alt-blokların ortalamasının hesaplanması; yüksek gruptaki alt bloklardan, ortalama değeri yüksek grubun ortalamasından yüksek (veya eşit) olan alt-blokların bir birinci gruba (g_{11}) atanması; yüksek gruptaki alt bloklardan, ortalama değeri yüksek grubun ortalamasından düşük olan alt-blokların bir ikinci gruba (g_{12}) atanması; düşük gruptaki alt bloklardan, ortalama değeri düşük grubun ortalamasından yüksek (veya eşit) olan alt-blokların bir üçüncü gruba (g_{21}) atanması; düşük gruptaki alt bloklardan, ortalama değeri düşük grubun ortalamasından düşük olan alt-blokların bir dördüncü gruba (g_{22}) atanması adımlarını içermektedir. Böylelikle, her bir alt grubun ortalama değerinin yüksekliğine göre bir gruba atanması sağlanmaktadır.

Buluşun bir başka tercih edilen uygulamasında her bir gruptaki alt-bloklara, gruptaki alt-blokların ortalama değerlerinin yüksekliklerine göre bir alt-taşıyıcı aktivasyon oranı (Subcarrier Activation Ratio - SAR) değeri ve modülasyon sırası (CM) değeri atanması adımı, içerdiği alt-blokların ortalama değerlerinin en yüksek olduğu gruptaki alt-bloklara alt-taşıyıcı aktivasyon oranı olarak en yüksek değer ve modülasyon sırası değeri olarak en yüksek değer atanmaktadır. Bahsedilen adımda benzer bir biçimde, içerdiği alt-blokların ortalama değerlerinin en düşük olduğu gruptaki alt-bloklara alt-taşıyıcı aktivasyon oranı olarak en düşük değer ve modülasyon sırası değeri olarak en düşük değer atanmaktadır. Örnek bir uygulamada, bahsedilen birinci gruptaki, ikinci gruptaki, üçüncü gruptaki ve dördüncü gruptaki alt-blokların alt-taşıyıcı aktivasyon oranı ve modülasyon sırası değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

<i>group</i>	SAR	<i>M</i>
g_{11}	4/4	16

g_{22}	$3/4$	8
g_{33}	$2/4$	4
g_{44}	$1/4$	2

- Mevcut buluşla geliştirilen uyarlanabilir modülasyon katsayılı bir dikey frekans bölmeli çoklama yönteminde, kablosuz bir veri iletişiminde kullanılacak olan alt- taşıyıcı aktivasyon oranı ve modülasyon sırası değerleri olarak kablosuz bağlantı kullanacak olan bütün düğümlerden (nod) birbirlerine bir referans sinyali gönderilerek belirlenen kanala göre elde edilen değerler kullanılmaktadır. Yetkisiz bir kullanıcının, bahsedilen kanal sinyaline ve buna bağlı olarak alt-taşıyıcı aktivasyon oranı ve modülasyon sırası değerlerine erişim imkanı bulunmadığından, bahsedilen yetkisiz kullanıcının bir göndericiden yetkili alıcıya gönderilen bir veriyi çözümüleme imkanı bulunmamaktadır.