

ÖZET

HİBRİT BOŞLUK VE İNDİS MODÜLASYONLU OFDM

- 5 Alt taşıyıcı boşluk modülasyonlu OFDM (OFDM-SGM) olarak adlandırılan yeni bir modülasyon şeması, doldurulmuş (aktif) alt taşıyıcılar arasındaki aralıklar (veya boşluklar) geleneksel QAM sembollerinin yanı sıra ilave veri bitleri iletmek amacıyla önerilmiştir. Sonrasında, indis modülasyonu (IM) sabit bir alt blok büyüklüğünü garanti etmek için, önerilen OFDM-SGM modülasyon şeması ile birleştirilerek OFDM-SGIM
- 10 ismiyle diğer bir yeni yöntem geliştirilmiştir.

İSTEMLER

1. Buluş, aktif alt taşıyıcılar arasındaki boşluklardan yararlanarak geleneksel QAM sembolleri ile birlikte ekstra bitler iletmek ve indis modülasyonu (IM) ile birleşerel sabit bir alt blok büyüklüğünü garantilemek için dikgen frekans bölmeli çoklama kullanan alt taşıyıcı boşluk ve indis modülasyonu (OFDM-SGIM) yöntemi ile ilgili olup, özelliği;

- Gelen bitler bit bölücü (10) kullanarak gruplara ayrılır ve $p = p_1 + p_2 + p_3$ bitlerini içeren her grup bir OFDM alt bloğu oluşturmak için kullanılır,
- Her bir alt blok için aktif OFDM alt taşıyıcıları arasındaki boşlukları belirlemek üzere, boşluk haritalayıcı (20) tarafından her bir OFDM alt bloğundaki p_1 bitleri kullanılır,
- Her bir OFDM alt bloğu için aktif alt taşıyıcı indislerini belirtmek üzere IM bitleri ile belirtilen p_2 bitleri IM eşleştiricisi (30) tarafından kullanılır,
- Elde edilen boşluk ve IM haritalamasının uygun bir haritalama tekniği kullanılarak birleştirilmesi ve alt taşıyıcı aktivasyon düzenini (SAP) belirleyen hibrit haritalayıcıyı (50) beslemesi sağlanır,
- Kalan p_3 bitleri, belirli geleneksel QAM sembollerine karşılık gelen açık alt taşıyıcılara gönderilir.

TARİFNAME

HİBRİT BOŞLUK VE İNDİS MODÜLASYONLU OFDM

5 Teknik Alan

Buluş, ilave bilgi iletmek için alt taşıyıcı aktivasyon paterninin (SAP/ subcarrier activation pattern) genişliğinden yararlanıldığı alt taşıyıcı sayı modülasyonlu dikgen frekans bölmeli çoklama (OFDM-SNM / orthogonal frequency division multiplexing with subcarrier number modulation) yöntemi ile ilgilidir. Alt taşıyıcı boşluk modülasyonlu OFDM (OFDM-SGM/ OFDM with subcarrier gap modulation) olarak adlandırılan yeni modülasyon şemasında, doldurulmuş (aktif) alt taşıyıcılar arasındaki boşluklar geleneksel QAM(Quadrature amplitude modulation) sembollerinin yanı sıra ilave veri bitleri iletmek amacıyla kullanılmaktadır. Sonrasında, indis modülasyonu (IM/ index modulation) sabit bir alt blok büyüklüğünü garanti etmek için (aktif alt taşıyıcının konumunun bir alt blok içinde sabitlendiği durumdan kaçınarak) önerilen yeni modülasyon şeması ile birleştirilmektedir.

Buluşun Altyapısı

20

Mevcut OFDM tabanlı modülasyon seçenekleri birçok farklı avantaj ve dezavantaj bulundurmaktadır, ancak sistem gereksinimlerine bağlı olarak belirli uygulamalar için uyarlanabilirler. Mevcut OFDM modülasyon seçenekleri, karmaşık QAM sembollerinin yanı sıra ek bilgi bitleri iletmek için aktif alt taşıyıcılar arasındaki boşluğu önemli bir boyut olarak görmemektedir. Genel olarak, OFDM dalga formu için mevcut modülasyon şemaları, alt blok uzunluğunun sabit olduğu uyumlu iletim şemalarıdır. Buna karşılık, gelecekteki iletişim sistemlerinin esnek bir modülasyon seçeneğine ihtiyacı vardır. Düşük güçlü cihazlar yakın gelecekte yaşamımızın bir parçası olacağından dolayı dayanıklı ve enerji verimliliği esasına dayanan modülasyon şemalarına olan ihtiyaç artmaktadır. Sonuç olarak, yukarıda belirtilen dezavantajlar ve mevcut çözümlerin yetersizliği nedeniyle, iyileştirme gereksinimleri ortaya çıkmıştır.

30

Buluşun Çözümünü Amaçladığı Teknik Problemler

- Buluş, tekniğin bilinen durumuna kıyasla, alanında yeni bir bakış açısı getiren farklı teknik özelliklere sahip bir yöntem sunmayı amaçlamaktadır. Buluş kapsamında, geleneksel QAM sembolleriyle ek veri bitleri iletmek için OFDM alt taşıyıcı boşluğu ve indis modülasyonu (OFDM-SGIM/ orthogonal frequency division multiplexing-subcarrier gap and index modulation) adı verilen yeni bir modülasyon yöntemi geliştirilmiştir. OFDM-SGIM yöntemi, OFDM bloğundaki aktif alt taşıyıcılar arasındaki boşluklardan yararlanarak mevcut iletişim sisteminin tepe-ortalama güç oranını (PAPR/ peak-to-average power ratio) azaltma potansiyeline sahiptir. Buluşun bir başka getirisi ise, önerilen yöntem, aktif alt taşıyıcılar arasındaki farklı boşluklar nedeniyle bazı blok kaynaklarını kaybetme pahasına yüksek spektral verimlilik performansına ve bazı diğer performans iyileştirmelerine sahip olma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, önerilen program gelecekteki kablosuz iletişim sistemlerine uygulanabilirliği açısından mevcut OFDM modülasyon seçenekleriyle aynı özelliklere sahiptir.
- Buluşun kullanımı, yeni nesil ağlarda yüksek spektral verimlilik gerektiren uygulamalar açısından ele alınmaktadır. Yeni nesil kablosuz iletişim ağları, yüksek spektral verimlilik esasına dayanmaktadır. OFDM-SGM, geleneksel karmaşık sembollerle birlikte ilave bilgi göndermek için aktif alt taşıyıcılar arasındaki boşluklar olarak adlandırılabilen yeni bir boyut getirerek böyle bir gereksinimi karşılayabilmektedir.
- Veri bitlerini aktif alt taşıyıcılar arasındaki boşluğu ve bu aktif alt taşıyıcıların indisini kullanarak ilettiğinden, önerilen OFDM-SGIM, geleneksel OFDM'ye kıyasla geliştirilmiş spektral verimlilik performansı ile sonuçlanmaktadır. Önerilen OFDM-SGIM yöntemi, mevcut kablosuz iletişim sisteminin spektral verimliliğini, doldurulmuş alt taşıyıcılar ve bunların pozisyonları arasındaki boşluk ile temsil edilen serbestlik derecelerini ekleyerek artırma potansiyeline sahiptir.

Buluşun avantajları ve sağladığı yenilikçi yanları şu şekilde sıralanabilir:

- Konvansiyonel QAM sembollerinin yanı sıra ek bilgi iletmek için aktif alt taşıyıcılar arasındaki boşluk adı verilen yeni bir boyut kazandırılmıştır.
- OFDM-SGIM, BPSK(Binary phase shift keying) kullanıldığını varsayarsak spektral verimlilik açısından konvansiyonel OFDM'ye kıyasla 1.6 kat daha iyi sonuç vermiştir.

- Doldurulmuş alt taşıyıcılar arasındaki boşluklarla temsil edilen, önerilen OFDM-SGIM'in içsel özellikleri sayesinde ardışık alt taşıyıcılarda tespit hatası yapma ihtimalinin düşük olması nedeniyle sağlam güvenilirlik performansı sağlanmıştır.
- Önerilen OFDM-SGIM yönteminde düşük tepe-ortalama-güç oranı (PAPR) ve bant dışı emisyon (OOBE/out-of-band emission) değerlerinin gözlenmesi hedeflenmiştir.

Yukarıda tarif edilen amaçları yerine getirmek için, OFDM-SGIM yönteminde alt taşıyıcı aktivasyon paterninin genişliği, aşağıdaki işlem adımlarıyla karakterize edilen ilave bilgileri iletmek için kullanılmaktadır.

- Gelen bitleri bit ayırıcı kullanarak gruplara ayırmak ve her grup bir OFDM alt bloğu oluşturmak için kullanılan $p = p_1 + p_2 + p_3$ bitlerini içerir,
- Her bir alt blok için aktif OFDM alt taşıyıcıları arasındaki boşlukları belirlemek üzere boşluk haritalayıcısı tarafından her bir OFDM alt bloğundaki p_1 bitlerinin kullanılması,
- Her bir OFDM alt bloğu için aktif alt taşıyıcı endekslerini belirlemek üzere IM eşleştiricisi tarafından IM bitleri olarak adlandırılan p_2 bitlerinin kullanılması,
- Uygun bir haritalama tekniği kullanarak alt taşıyıcı aktivasyon paternini belirleyen hibrit haritalayıcıda ortaya çıkan boşluk ve IM haritalamanın birleştirilmesi ve beslenmesi,
- Özel konvansiyonel QAM sembollerine karşılık gelen kalan p_3 bitlerinin açık alt taşıyıcılara gönderilmesi.

Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve yazılan ayrıntılı açıklama sayesinde daha net olarak anlaşılacaktır ve bu nedenle değerlendirmenin de bu şekiller ve ayrıntılı açıklama göz önünde bulundurularak yapılması gerekmektedir.

Buluşun Açıklanmasına Yardımcı Şekiller

Şekil 1: Önerilen OFDM-SGIM yöntemindeki gönderici yapısının blok diyagramı.

Çizimler mutlaka ölçeklendirilmek zorunda değildir ve bu buluşu anlamak için gerekli olmayan detaylar ihmal edilebilir. Ayrıca, en azından esasen aynı veya en azından esasen özdeş fonksiyonlara sahip elemanlar aynı numara ile belirtilmiştir.

5 **Buluşun Açıklanmasına Yardımcı Referans Numaraları**

10. Veri bitleri için ayırıcı

20. Boşluk haritalayıcı

30. IM haritalayıcı

10 40. M-ary modülasyonu

50. Hibrit haritalayıcı

60. İkincil alt blok oluşturucu

70. Birincil OFDM block oluşturucu

80. Geleneksel OFDM modülasyonu (IFFT + CP + DAC)

15

Buluşun Detaylı Açıklanması

Bu ayrıntılı açıklamada, buluşun tercih edilen uygulamaları konunun daha iyi anlaşılması için ve sınırlayıcı etkisi olmadan açıklanmaktadır.

20

Buluş, ilave bilgi iletmek için alt taşıyıcı aktivasyon paterninin (SAP) genişliğinden yararlanıldığı alt taşıyıcı sayı modülasyonlu dikgen frekans bölmeli çoklama (OFDM-SNM) yönteminin iyileştirilmesine dayanmaktadır. Alt taşıyıcı boşluk modülasyonlu OFDM (OFDM-SGM) olarak adlandırılan yeni modülasyon şemasında, doldurulmuş (aktif) alt taşıyıcılar arasındaki boşluklar geleneksel QAM sembollerinin yanı sıra ilave veri bitleri iletmek amacıyla kullanılmaktadır. Sonrasında, indis modülasyonu (IM) sabit bir alt blok büyüklüğünü garanti etmek için (aktif alt taşıyıcının konumunun bir alt blok içinde sabitlendiği durumdan kaçınarak) önerilen yeni modülasyon şeması ile birleştirilmektedir.

30

Önerilen OFDM boşluk modülasyonunu kullanarak mümkün olduğu kadar veri bitini iletmek için, daha düşük dereceli modülasyonlar daha fazla boşluk ortaya çıktığında (yani, daha fazla güç) ve daha düşük modülasyonlar daha az boşluk ortaya çıktığında (yani, daha az güç) iletebilecektir. Aşağıdaki Tablo 1, OFDM boşluk modülasyonunda,

gelen bilgi bitleri ile SAP arasındaki eşleşmeyi göstermektedir. Aktif alt taşıyıcılar arasındaki boşlukların sayısı, örneğin, gelen bilgi bitleri [0 0] olduğunda, işgal altındaki alt taşıyıcılar arasında boşluk kalmayacağı için ek bilgi taşır, bu yüzden SAP, 4 alt blok uzunluğunu varsayarak üç olası forma sahiptir: [0 1 1 0], [1 1 0 0] ve [0 0 1 1]. [0 1], [1 0] ve [1 1] giriş bitleri için doldurulmuş alt taşıyıcılar arasında iki, üç ve dört boşluk düşünülmüştür.

Tablo 1: Önerilen OFDM-SGM yöntemi için haritalama tablosu.

Gelen bitler	SAP
0 0	0110, 1100, 0011
0 1	0101, 1010
1 0	1001
1 1	10001

OFDM alt taşıyıcı boşluk modülasyonunun (OFDM-SGM) bir başka uygulaması, aktif alt taşıyıcıların indislerinin yanı sıra boşlukların geleneksel QAM sembolleri beraberinde ilave bilgi içerdiği indis modülasyonu (IM) ile birleşimidir. Aşağıdaki Tablo 2, gelen bilgi bitleri ile OFDM alt taşıyıcı aralığı ve indis modülasyonunda (OFDM-SGIM) karşılık gelen SAP arasındaki eşleşmeyi göstermektedir. Boşluk bitlerinin (p1), iki sabit uzunluğa ve p1'e göre indis bitlerinin (p2) değişken uzunluğuna sahip olduğu varsayılmaktadır. Örneğin, [1100] girdisinin SAP'si, aktif alt taşıyıcılar ve konumları arasındaki boşluğun, 1 ve 2 pozisyonlarını gösteren [00] girdisinin p2'si tarafından kontrol edilmediği, [00] girdisinin p1 bitlerinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 2: Önerilen OFDM-SGIM yöntemi için haritalama tablosu.

Boşluk bitleri (p1)	İndis bitleri (p2)	SAP
00	00	1100
	01	0110
	10	0011
01	0	0101
	1	1010
10	0	1001

	1	01001
11	0	10001
	1	010001

OFDM-SGIM yönteminin geleneksel OFDM yöntemine karşı spektral verimlilik açısından üstünlüğü, BPSK kullanıldığı varsayıldığında 48/30 işlemi sonucunda 1.6 olarak hesaplanmaktadır.

5

Önerilen OFDM-SGIM şemasının blok şeması Şekil 1'de gösterilmektedir. Gelen m veri bitleri için ayırıcı (10) kullanılarak G gruplarına ayrılmıştır, her grup bir $p = p_1 + p_2 + p_3$ bit içermekte; OFDM alt bloğu L alt taşıyıcı uzunluğundan ($L = NF / G$) oluşmaktadır. Burada NF, FFT boyutunu temsil etmektedir. Her bir OFDM alt bloğundaki p_1 bitlerine, her alt blok için aktif OFDM alt taşıyıcıları arasındaki boşlukları belirtmek için boşluk haritalayıcı (20) tarafından kullanılan boşluk bitleri denmektedir. IM bitlerine atıfta bulunulan p_2 bitleri, her OFDM alt bloğu için aktif alt taşıyıcıların indislerini belirtmek için IM eşleştiricisi (30) tarafından kullanılmaktadır. Daha sonra, sonuçtaki boşluk ve IM haritalaması birleştirilmektedir. Ardından, örneğin $p_1 = 2$ ve $L = 4$ olduğu varsayılan Tablo 2'de gösterildiği gibi uygun bir haritalama tekniği kullanılarak alt taşıyıcı aktivasyon düzenini belirleyen hibrit haritalayıcıya (50) gönderilmektedir. Her bir alt bloktaki alt taşıyıcı aktivasyon paterni (SAP) aşağıdaki formülle ifade edilebilir:

$$c_g = [c_1 \ c_2 \ \dots \ c_L]^T$$

20 burada $i = 1, 2, \dots, L$ için $c_i \in \{0, 1\}$.

Spesifik geleneksel QAM sembollerine karşılık gelen geri kalan p_3 bitleri, açık alt taşıyıcılara iletilmektedir:

$$p_3 = I \log_2(M)$$

25 burada I, verilen alt bloktaki aktif alt taşıyıcıların sayısını temsil etmektedir. SAP'inin g'inci alt blok için (c_g) olduğu düşünülerek alt blok aşağıdaki formülle ifade edilebilir:

$$x^{F^g} = [x^{F^g}(1) \ x^{F^g}(2) \ \dots \ x^{F^g}(L)]^T$$

burada $i = 1, 2, \dots, L$ için $x^{F^g}(i) \in \{0, S\}$.

N_F alt taşıyıcılarının OFDM bloğu, G alt blok zincirine göre oluşturulmuştur ve aşağıdaki şekilde ifade edilir:

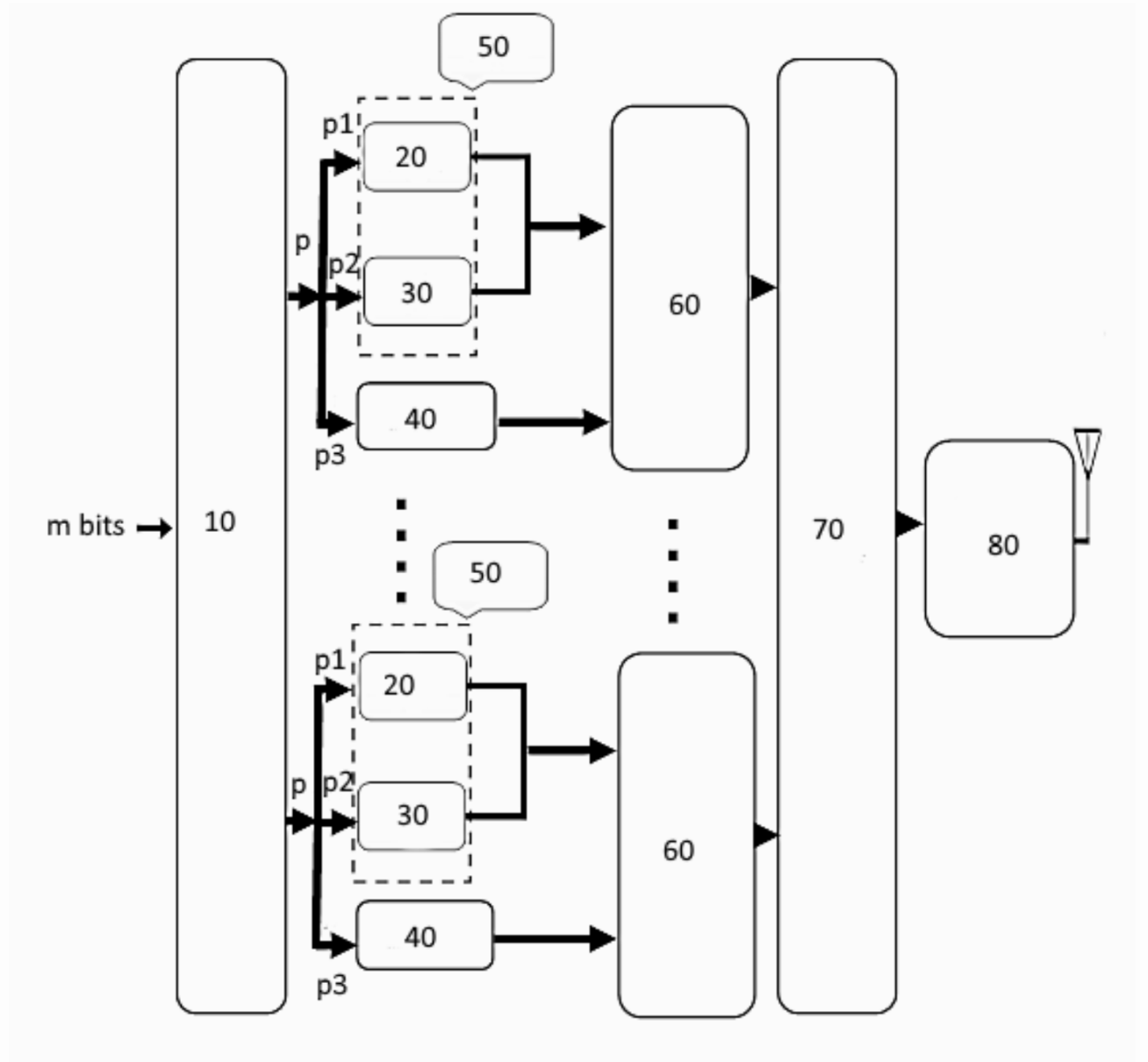
$$x_F = [x_F(1) \ x_F(2) \ \cdots \ x_F(N_F)]^T$$

- 5 Kalan adımlar klasik OFDM sistemindeki gibi uygulanmaktadır, örneğin; x_F 'ye N_F -ters hızlı Fourier dönüşümü (IFFT/ inverse fast Fourier transform) uygulanması, döngüsel ön ek (CP) eklenmesi ve daha sonra sinyali kablosuz kanal üzerinden iletmek için dijital-analog dönüştürücü kullanılması.

- 10 Her istemde bahsi geçen teknik ve diğer tüm özellikleri bir referans numarası takip etmekte olup, bu referans numaraları sadece istemleri anlamayı kolaylaştırmak adına kullanılmıştır, dolayısıyla bunların örneklendirme amaçlı olarak bu referans numaraları ile belirtilen elemanlardan hiçbirinin kapsamını sınırladığı düşünülmemelidir.

- 15 Bu temel kavramlar etrafında, buluş konusu ile ilgili çok çeşitli uygulamaların geliştirilmesi mümkün olup, buluş burada açıklanan örneklerle sınırlandırılmaz, esas olarak istemlerde belirtildiği gibidir.

- 20 Teknikte uzman bir kişinin buluşta ortaya konan yeniliği, benzer yapılanmaları kullanarak da ortaya koyabileceği ve/veya bu yapılanmayı ilgili teknikte kullanılan benzer amaçlı diğer alanlara da uygulayabileceği açıktır. Dolayısıyla böyle yapılanmaların yenilik ve özellikle tekniğin bilinen durumunun aşılması kriterinden yoksun olacağı da aşîkârdır.



Şekil 1