



Konferans Bildirisi

5G Haberleşme Sistemlerinde Rayleigh Sönümlü Kanallar Üzerinden NOMA Sistemlerinin Performans Analizi

Hayriye SİNOP¹, Mehmet Berke BEYAZ², Asuman SAVAŞCIHABEŞ³

¹ SERSİM/SİMFER Kayseri.

e-mail: hayriyesinop@gmail.com

² NNYÜ-FBE-Lisansüstü Eğitim Öğrencisi

e-mail: m.berkecan@hotmail.com

³ Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

e-mail: ahabes@nny.edu.tr

* Sorumlu Yazar: m.berkecan@hotmail.com; +90 506 168 77 87

Received 19 October 2024

Received in revised form 14 December 2024

In final form 19 December 2024

4th International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2024)
December 19 - 20, 2024

Reference: Sinop, H., Beyaz, M. B., & Savaşçihabeş, A. (2024). Performance analysis of NOMA systems over Rayleigh fading channels in 5G communication. Orclever Proceedings of Research and Development, 5(1), 238-252.

Özet

Bu makale, telsiz haberleşme sistemlerinde, özellikle Rayleigh sönümlemeli kanallar altında çalışan Dikey Olmayan Çoklu Erişim (NOMA) sistemlerinin performansını analiz etmeyi amaçlamaktadır. NOMA teknolojisi, kullanıcıların aynı zaman ve frekans kaynağını paylaşmasına izin vererek spektrum verimliliğini artırırken, Rayleigh sönümleme kanalları gerçek radyo ortamlarında yaygın olarak karşılaşılan çok yollu yayılma etkilerini temsil eder. Bu araştırmada, farklı kullanıcı güç seviyelerinin ve kanal koşullarının sistem kapasitesi, hata oranı (BER) ve enerji verimliliği gibi performans ölçütleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Matematiksel modelleme ve simülasyon yöntemleri kullanılarak, Rayleigh sönümleme koşulları altında NOMA'nın performans avantajları ve kısıtlamaları değerlendirilmiştir. Bulgular, NOMA sistemlerinin Rayleigh sönümlemeli kanallarda spektrum verimliliği ve kullanıcı adil paylaşımı açısından önemli avantajlar sunduğunu, ancak hata oranı ve enerji tüketimi



optimizasyonu için dikkatli tasarım gerektirdiğini göstermektedir. Bu çalışma, NOMA teknolojisinin radyo iletişim sistemlerinde daha etkili bir şekilde uygulanması için önemli bir referans sağlamaktadır.

Anahtar: Ortogonal Olmayan Çoklu Erişim; NOMA



Conference Article

Performance Analysis of NOMA Systems over Rayleigh Fading Channels in 5G Communication

Abstract

This paper aims to analyse the performance of Non-vertical Multiple Access (NOMA) systems operating in radio communication systems, especially under Rayleigh fading channels. While NOMA technology improves spectrum efficiency by allowing users to share the same time and frequency resource, Rayleigh fading channels represent multipath propagation effects commonly encountered in real radio environments. In this research, the effects of different user power levels and channel conditions on performance metrics such as system capacity, error rate (BER) and energy efficiency are investigated. Using mathematical modelling and simulation methods, the performance advantages and limitations of NOMA under Rayleigh fading conditions are evaluated. The findings show that NOMA systems offer significant advantages in terms of spectrum efficiency and user fair sharing in Rayleigh fading channels, but require careful design for error rate and energy consumption optimisation. This study provides an important reference for more effective implementation of NOMA technology in radio communication systems.

Keywords: Non-vertical Multiple Access; NOMA

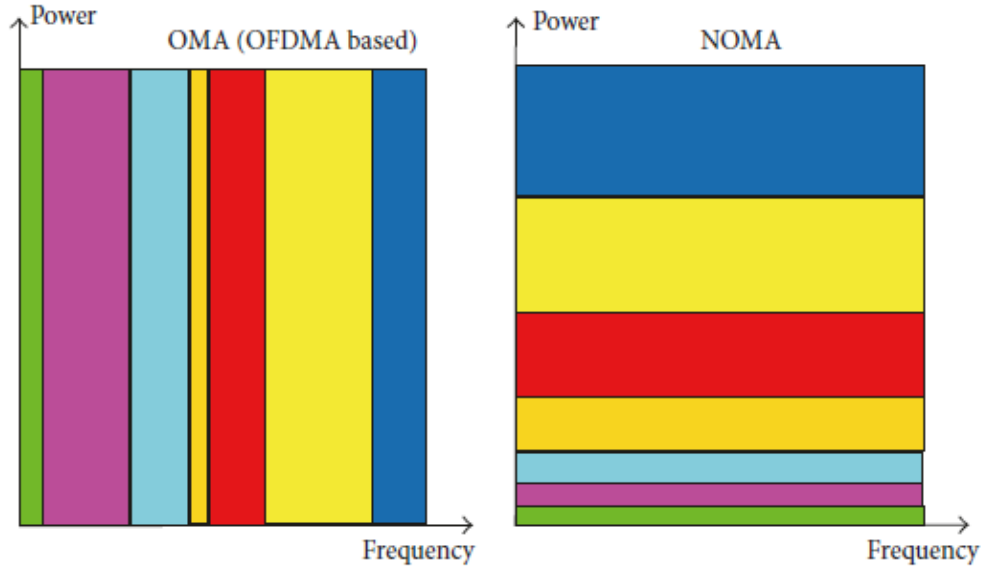


1. Giriş

Yeni nesil mobil iletişim teknolojisi olarak 5G iletişimi, bilgi teknolojisinin daha da gelişmesinin anahtarıdır. 5G iletişim teknolojisi, çeşitli endüstrilerin gelişimini teşvik etmek için hızlandırıcı bir motor haline gelecek ve daha fazla yeni talep ve hizmet üretecektir. 5G iletişim teknolojisi, bulut bilişim, Büyük veri, yapay zekâ, blok zinciri ve Nesnelerin interneti gibi bir dizi yeni bilgi teknolojisiyle birlikte kapsamlı, dijital ve akıllı bir bilgi çözümü oluşturarak hayatın her kesiminin hızla gelişmesini sağlamıştır [1]. Son zamanlarda, Mobil iletişim ağları hızla gelişmektedir. Bu teknolojilerin spektral verimlilikte, gelişmiş hizmet kalitesinde önemli kazanımlar sağlaması beklenmektedir. Ayrıca, son on yılda baş döndürücü bir adım atmışlardır. 5G ağları çok daha fazla bağlantı yoğunluğuna, daha iyi hareketlilik aralıklarına ve daha yüksek verimliliğe sahip olmalıdır. Ayrıca, 5G'nin diğer mobil sistemlere kıyasla hız, gecikme ve verimlilik açısından doğru seçim olduğu görülmüştür [2][3]. İletim sistemlerindeki temel birimlerden birinin Çoklu erişim tekniğine dayandığını belirtmeliyiz. Bu duru, olası spektrumun kullanımı, sistem veri hızı ve gecikme süresi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda, kapsamlı bir Beşinci nesil (5G) mobil iletişim anlayışı, bu tür performans parametrelerini artırmak ve IoT ağlarına birçok öncelik sağlamak için yeni çoklu erişim tekniklerine ihtiyaç duymaktadır. Çoklu erişim tekniği, ortogonal çoklu erişim (OMA) ve ortogonal olmayan çoklu erişim (NOMA) olarak ikiye ayrılabilir. OMA şemalarından bazıları frekans bölmeli çoklu erişim (FDMA) ve çoğunlukla 2G için zaman bölmeli çoklu erişim (TDMA) içerir. Kod bölmeli çoklu erişim (CDMA) 3G için kullanılır ve ortogonal frekans bölmeli çoklu erişim (OFDMA) 4G için korunmuştur [4][5]. 5G ağlarının özellikle veri hızı ve spektrum verimliliğinde olağanüstü yetenekler sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, büyü çoklu giriş çoklu çıkış (MIMO), milimetre-dalga (mmWave) iletişimi ve ortogonal olmayan çoklu erişim (NOMA) gibi çeşitli temel teknolojiler incelenmiştir [6]. NOMA'nın aksine, TDMA ve OFDMA her ortogonal kaynak bloğunda yalnızca bir kullanıcıdan oluşur. OMA spektral verimsizliğini kanal durumu çok kötü olan ve eşit şekilde erişilmesi gereken bir kullanıcı olduğunu varsayarak örneklendirelim. Örneğin, bu kullanıcı yüksek önceliklidir ve uzun süredir erişilmemiştir. OMA'nın doğası gereği, kanal durumu kötü olsa bile nadir bant genişliği kaynaklarının sadece bu kullanıcı için tahsis edilmesi gerekir. Bu nedenle, OMA tekniklerinde spektrum verimliliği ve genel sistem verimi etkin bir şekilde kullanılmaz. NOMA'da kanal durumu daha iyi olan kullanıcılar, kanal durumu zayıf olan kullanıcıya hizmet vermenin yanı sıra zayıf kullanıcıyla aynı



bant genişliği kaynaklarını eş zamanlı olarak kullanılabilir. Bu nedenle, kullanıcı eşitliğinin sağlanması gerekiyorsa, NOMA'nın genel sistem verimi OMA'dan önemli ölçüde daha büyük olabilir [7]. NOMA, Şekil 1'de gösterildiği gibi aynı zaman/frekans/kod alanlarından birinde çoğullama gerçekleştirerek yeni bir şema sağlayan OMA'nın yerine kullanılabilir. NOMA'nın ana fikri, aynı kaynak bloğunda daha fazla kullanıcıya hizmet vermek için çoğullama güç ve kod alanlarını toplamaktır [8]. Böylece sınırlı bant genişliği kaynakları NOMA ile daha fazla kullanıcı için kullanılabilir hale getirilebilir ve bu da alıcı tarafından ek parazit ve karmaşıklık getirecek olsa bile 5G ağlarının kapasitesini önemli ölçüde artırır [9]. Rayleigh sönümlü kanallar üzerine yapılmış bazı çalışmalar, kablosuz haberleşme sistemlerinde bu kanal modelinin performansa etkilerini ve özellikle NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access) gibi teknolojilerle etkileşimlerini incelemektedir. Bu tür kanallarda genellikle çoklu yol girişimi ve sönümleme etkileri gözlemlenir. Bu etkiler, sistemlerin spektral verimliliği, hata oranları ve kullanıcı çiftleri arasındaki güç dağılımı üzerinde belirleyici olur. Örneğin, bir çalışma, Rayleigh kanallarında kullanıcı mesafesine dayalı sıralamanın ve güç dağılımının NOMA üstünlüğünü nasıl etkilediğini ele almıştır. Çalışma, güçlü kanal kullanıcılarına daha düşük güç, zayıf kanal kullanıcılarına ise daha yüksek güç tahsis edilmesinin etkilerini incelemiştir. Bu düzenleme, spektral verimlilik açısından NOMA'nın OMA'ya (Orthogonal Multiple Access) kıyasla daha üstün olduğunu göstermiştir. Bu makalede, NOMA'daki farklı güç tahsis oranlarının iki senaryo altında bit hata oranı (BER) açısından bir karşılaştırmasını sunuyoruz. İlk olarak, farklı güç tahsis oranlarına sahip iki kullanıcıyı değerlendirdik ve birbiriyle karşılaştırdık. İkinci durumda, NOMA sistemindeki kullanıcı sayısının etkisini görmek için aynı frekans ve zamanda üç kullanıcıyı dahil ettik.



Şekil 1. İki kullanıcı için OFDMA ve NOMA için spektrum paylaşımı [12].

Bu çalışmada, Bölüm 2’de NOMA’nın yapısını ele alınmaktadır. Bölüm 2.1 ’de sistem modeli analiz edilmektedir. Bölüm 3’te simülasyon sonuçları sunulmuştur ve sistem analizler sonuçları yorumlanmıştır. Son olarak sonuçlar bölümü ile çalışmanın literatardaki yeri açıkça ortaya konulmuş durumdadır.

2. NOMA’NIN YAPISI

Daha yüksek verim, heterojen bağlantı ve çok sayıda cihaz gibi 5G ağlarının gereksinimlerini karşılamak için, etkili parazit giderme ve sinyal algılama yöntemleri kullanılarak NOMA tekniği kullanılabilir.

Ortogonal Olmayan Çoklu Erişim tekniği olan NOMA, kullanıcıların zaman ve frekansı paylaşmasına olanak tanıyan yeni bir sinyal tasarımı kullanır. Güç Alanı Çoğullaması (PDM) ile farklı kullanıcıların farklı güç miktarlarına göre aynı spektrumu paylaşacağı anlamına gelen bu teknikte, veri iletimi açısından incelendiğinde NOMA’nın OMA’ya karşın bir takım üstünlükleri vardır.

NOMA’nın Avantajları:

- 1- Aynı zaman ve frekans kaynakları üzerinden birden fazla kullanıcıya hizmet verebilir.
- 2- Yüksek spektral verimlilik sağlar
- 3- Hücre yapısındaki uç kullanıcılara (baz istasyonundan uzaktaki kullanıcılara) daha iyi servis kalitesi sağlar.



Bu avantajların yanısıra dezavantajı ise kullanıcılar arasındaki girişimdir. Ayrıca NOMA'nın sistem yapısındaki avantajları geliştirilmiş spektral verimlilik, ultra yüksek bağlantılabilirlik, rahat kanal geri bildirimi ve düşük iletim gecikmesi şeklinde açıklanmaktadır[6][11]. 5G de bu etkilerin avantajları, spektral verimlilik, yüksek kapasite, güvenilir iletim, düşük gecikme olarak sıralanabilir. Spektral verimlilik; NOMA ve OMA, daha fazla kullanıcının aynı anda hizmet alabilmesini sağlayarak spektral verimlilik artırılır. Yüksek kapasite sayesinde NOMA ve SIC, daha fazla cihazın aynı anda bağlanabilmesini sağlayarak kablosuz ağların kapasitesini artırır. Güvenilir iletim ile SIC çakışmayı yöneterek güvenilir iletişim sağlar. Düşük gecikme sayesinde ise 5G'nin düşük gecikme süreleri, SIC ve OMA etkileriyle birleşerek gerçek zamanlı uygulamaları destekler.

Geliştirilmiş spektral verimlilik, NOMA, her bir kaynak bloğunun birden fazla kullanıcı tarafından kullanılmasına izin vererek yüksek spektral verimlilik ve kullanıcıya hizmet sağlar. Ultra yüksek bağlantılabilirlik, tüm kullanıcıların sintalleri üst üste bindirilerek tek bir kaynak bloğunda ratsgele sayıda kullanıcıya hizmet verilebildiğinden, NOMA'da yüksek kullanıcı desteği sağlanır. Bu nedenle, IoT uygulamaları için NOMA kullanımı, çok sayıda cihaz arasında küçük paketlerin iletilmesi için kaçınılmazdır. Rahat kanal geri bildirimi, NOMA baz istasyonunda ardışık yukarı bağlantı kanal durum bilgisine (CSI) ihtiyaç duymaz. Alternatif, kanal geri bildirimine yalnızca alınan sinyal gücü dahil edilir. Düşük iletim gecikmesi, 5G uygulamalarının gecikme gereksinimleri kullanım alanlarına göre değişiklik gösterir. Bununla birlikte, NOMA kullanıcılardan baz istasyonundan gelen istekleri planlamayı gerektirmekten, yukarı kanalı için OMA'da gereklidir. Bu nedenle, NOMA'da hibersiz bir yukarı bağlantı iletimi benimsenerek iletim gecikmesi önemli ölçüde azaltılır. Literatürde güç alanlı NOMA ve kod alanlı NOMA olmak üzere başlıca iki NOMA şeması bulunmaktadır. Ayrıca 5G ağları için yüksek kullanıcı taleplerini destekleyen veri hızına sahip bağlantıları desteklemek amacıyla, örüntü bölmeli çoklu erişim (PDMA), yapı taşı seyrek takımyıldız tabanlı ortogonal çoklu erişim (BOMA) ve kafes bölmeli çoklu erişim (LPMA) gibi bazı çoklu alan çözümleri önerilmiştir. Bu çalışmada yalnızca güç alanı NOMA'yı vurgulanmış olup, sitem modelinde kapasite analizi Shannon kapasite hesabı ile

$$C=W \log_2 (1+SNR) \quad (1)$$

elde edilmiştir. Ayrıca OMA kapasitesi downlink için:

$$C_{OMA} = \frac{W}{2} \log_2 \left(1 + \frac{P_{yakın alan}}{\sigma_n^2} \right) + \frac{BW}{2} \log_2 \left(1 + \frac{P_{uzak alan}}{\sigma_n^2} \right) \quad (2)$$

Non-ortogonal çoklu erişim kapasitesi için ise:

$$C_{NOMA} = W \log_2 \left(1 + \frac{P_{yakın alan}}{\sigma_n^2} \right) + W \log_2 \left(1 + \frac{P_{uzak alan}}{\sigma_n^2 + P_{yakın alan}} \right) \quad (2)$$

ile ergodik kapasite hesaplanmaktadır[. $P_{yakın alan} + P_{uzak alan} = 1$ güç normalizasyonu bulunmaktadır. Ergodik kapasite hesabi için [0-60]dB SNR değişimi için hesaplanan kapasite değişim grafiği Şekil.3'te sunulurken [0-20]dB aralığında alınan simülasyon sonuçları Şekil.4.'te sunulmuştur.

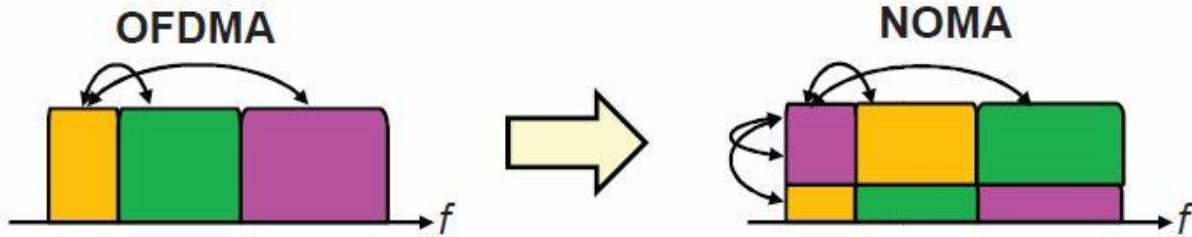
2.1. NOMA'da Güç Alanı

NOMA'da güç alanı, kullanıcıların aynı frekans ve zaman kaynağını paylaşırken farklı güç seviyeleriyle ayrılmasını ifade eder. Bu yaklaşım, NOMA'nın ana özelliği olup, özellikle aynı hücre içindeki kullanıcılar arasında spektral verimliliği artırmak amacıyla kullanılır. Güç alanı NOMA, güç alanında birden fazla kullanıcıyı çoğullayarak OMA'dan daha yüksek SE elde edebildiği için 5G ağları için umut verici bir MA şeması olarak önerilmektedir [11]. Geleneksel OMA teknikleri, çoklu erişim girişimini (MAI) önlemek için her bir ortogonal kaynak bloğunu farklı kullanıcılara atayarak TDMA/FDMA/CDMA/OFDMA kullanır. Bununla birlikte, güç alanı NOMA, CSI'ya dayalı güç seviyeleri ile farklılaştırarak aynı kaynak bloğu içinde birden fazla kullanıcıya hizmet verebilir. Sonuç olarak, NOMA daha fazla kullanıcıyı barındırabilir ve sınırlı kaynaklarda bile daha yüksek verim gerçekleştirebilir. İki kullanıcı durumu için güç alanı NOMA'nın aşağı bağlantı iletim şeması Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu şemada, iki kullanıcı aynı frekans kaynağını paylaşır toplam güçte bir sınırlama ile blok. Baz istasyonu (BS), iki kullanıcının iki sinyali güç oranlarına göre üst üste bindirerek tek bir sinyal gönderir. Genel adaleti garanti etmek ve frekans alanlarında çeşitlilik uygulamak için BS, geleneksel güç tahsis stratejilerinden farklı olarak kullanıcıların aşağı bağlantı CSI'sına bağlı olarak farklı güç seviyeleri atar [13].

Şekil 2'de, Kullanıcı-1'in daha fazla iletim daha küçük aşağı bağlantı kanal kazancı nedeniyle güç ve Kullanıcı-2'nin sinyali gürültü olarak kabul edilirken ilk olarak çözülür. Daha büyük iletim gücüne sahip olan Kullanıcı-1'in sinyali Algılanan ve kodu çözülen bu sinyal, Kullanıcı-2 için sinyalin algılanmasını sağlamak amacıyla alınan üst üste bindirilmiş sinyalden çıkarılacaktır. Kullanıcı-1'in en büyük kullanıcılar arası girişime

sahip olması önemlidir ve ayrıca Kullanıcı-1'de bir sinyal algılama hatası varsa, bu hata Kullanıcı-2'ye geçecektir, bu da kullanıcılar arasında yeterli güç seviyesinin tahsis edilmesinin kritikliğini gösterir [12].

Kablosuz iletişim teknolojisi hızla gelişmekte ve hayatımızın birçok yönünü dönüştürmektedir. Bu dönüşümde, 5G (5. Nesil) teknolojisi önemli bir rol oynamaktadır. 5G, daha yüksek hızlar, düşük gecikme süreleri ve daha fazla cihaz bağlantısı gibi yenilikçi özellikleriyle öne çıkar. 5G'nin bu başarısında, Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA), Orthogonal Multiple Access (OMA) ve Successive Interference Cancellation (SIC) gibi kablosuz iletişim yöntemleri kritik bir rol oynamaktadır. Bu makalede, 5G teknolojisi ve bu teknolojinin içinde yer alan NOMA, OMA ve SIC etkileri ele alınacaktır.



Şekil 2. Kullanıcının OFDMA ve NOMA frekans modeli

5G ağlarında, sınırlı kaynaklar nedeniyle SE ve enerji verimliliği (EE) iki hayati performans ölçütüdür. NOMA, aynı kaynak bloklarını kullanıcıların güç seviyesine göre birden fazla kullanıcıya böldüğü için, hem spektrum hem de enerji açısından önemli ölçüde verimlidir. EE, toplam kapasitenin BS'nin toplam güç tüketimine oranı olarak tanımlanabilir [12].

2.2. Kod Alanlı NOMA

Kod alanı NOMA'da, aynı anda birden fazla iletimi desteklemek için aynı kaynak bloğundaki farklı bir kullanıcıya farklı kodlar atanır. Seyrek diziler veya düşük korelasyon katsayısına sahip ortogonal olmayan çapraz korelasyon dizileri gibi benzersiz yayılma dizileri her kullanıcı için değerlendirilir. Kod alanı NOMA, düşük yoğunluklu yayılan CDMA (LDS-CDMA), düşük yoğunluklu yayılan OFDM (LDSOFDM) ve seyrek kod çoklu erişim (SCMA) olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir [9]. Kod-alanlı NOMA SE'yi artırsa bile, aynı zamanda yüksek bir iletim bant genişliğine ihtiyaç duyar ve mevcut sistemlere ekstra karmaşıklık getirir [10]. LDS-CDMA, kod kitabı tasarımı için

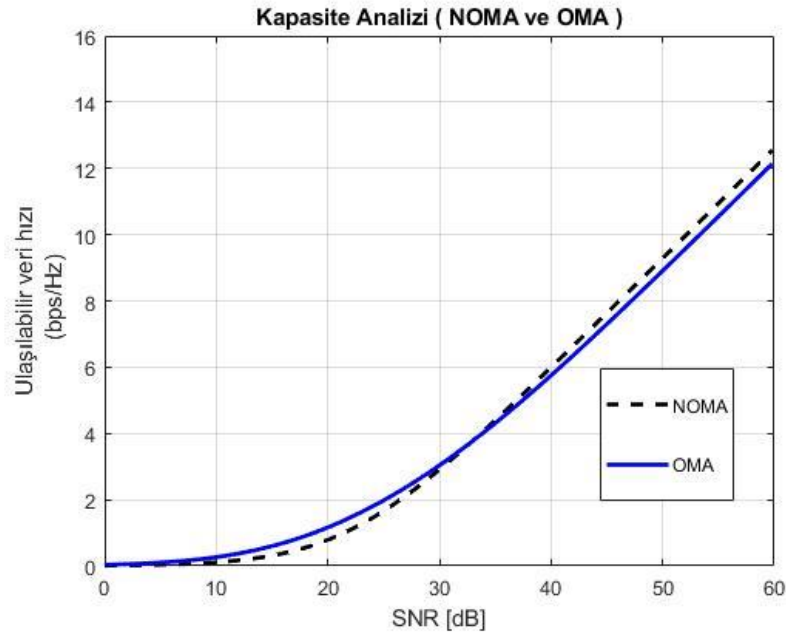


düşük yoğunluklu eşlik kontrolü (LDPC) matrisine benzer düşük yoğunluklu mimari kullanır. Öte yandan, LDS-OFDM, CDMA'daki zaman örnekleri yerine imza çıkışını OFDM'nin alt taşıyıcılarına eşleyerek LDS-CDMA'dan ayrılır. Bu nedenle, düşük karmaşıklığa sahip bir mesaj geçirme algoritması (MPA) dedektörü kullanılabilir. SCMA'da, benzer bir seyrek kod kitabı LDS'de olduğu gibi imza matrisine entegre edilir. Böylece, belirli sayıda kaynak bloğu yayılarak daha fazla kullanıcıya hizmet verebilir. Seyrek yayılmaya ek olarak SCMA, alıcıdaki karmaşıklığı azaltmak ve SE'yi artırmak için çok boyutlu takımyıldızlara da olanak tanır [11].

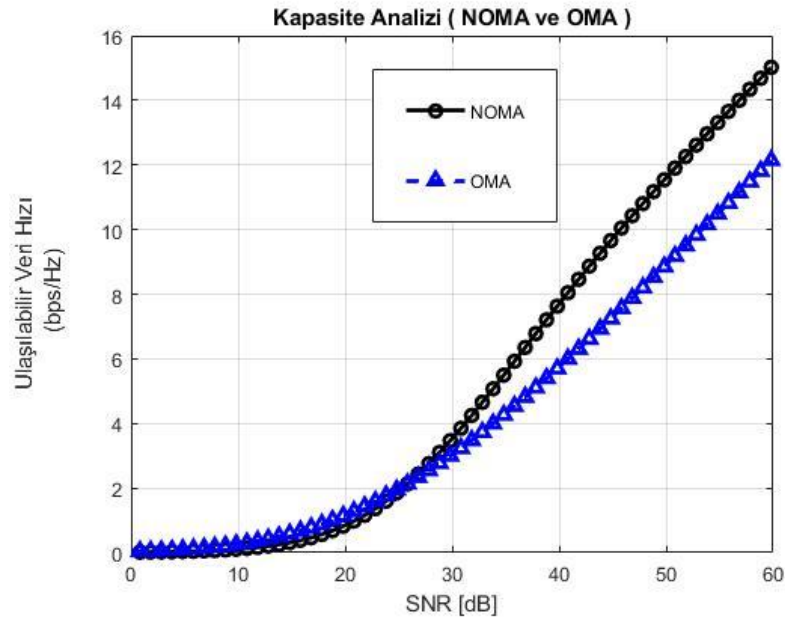
Bu çalışmada 5g haberleşme süreçlerinde kullanılan OFDM yapısına alternatif olarak NOMA tekniğinin BER ve Kapasite analizleri incelenmiş, elde edilen bulgular bps/Hz cinsinden kanal kapasitesi değişiminin SNR ve kullanıcı sayısındaki artışa göre Matlab benzetim çalışmaları ile elde edilmiştir. Kanal sayısı artışı ile birlikte kapasite artışı ve analiz sonuçları üçüncü bölümde sunulmuştur.

3. Benzetim Çalışması Sonuçları

Bu çalışmada 8 kanallı NOMA sistem için ortogonal OFDM yapısına alternative olarak non-ortogonal çoklu erişimde erişilebilir veri hızları incelendi şekil 3 aşağı yönlü kanal için ve yukarı yönlü kanal için ergodik kapasite değişimlerini içermektedir ergodik kapasitenin işaret gürültü oranına karşın analiz edildiği bu grafiklerde alınan sonuçlara bakıldığında şekil 3b'de yüksek essenar değerleri için yaklaşık 40 bant genişliğinde 80 mb'lik veri hızı artışı elde edileceği sonucuna ulaşılmıştır.



(a)

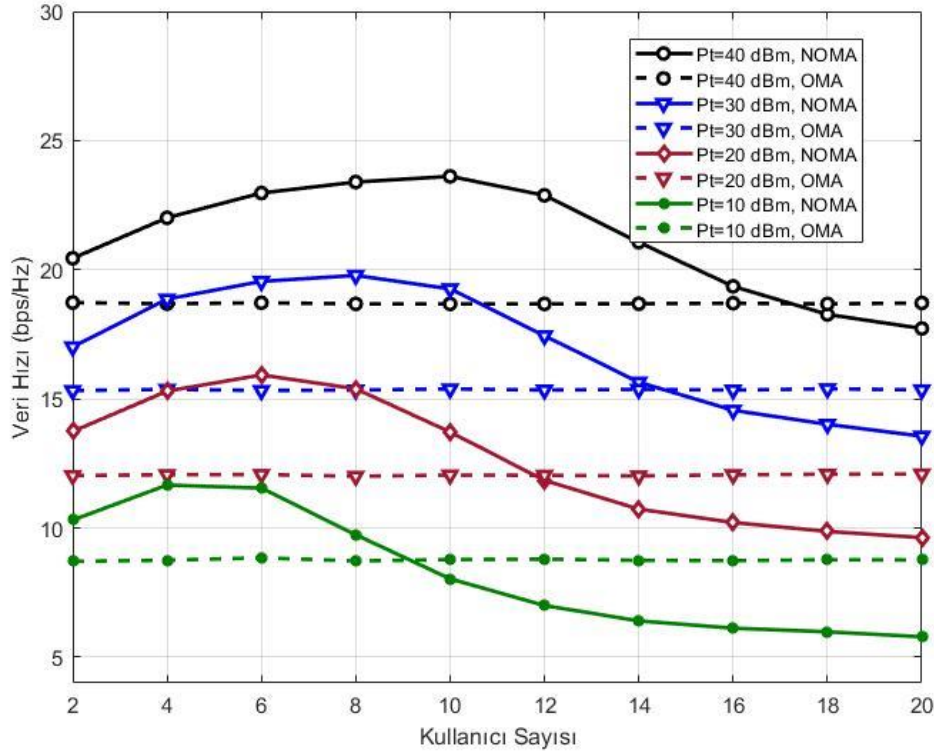


(b)

Şekil 3. (a):Uplink (b):Downlink NOMA için SNR değişime karşın ulaşılabilir veri hızı analizi

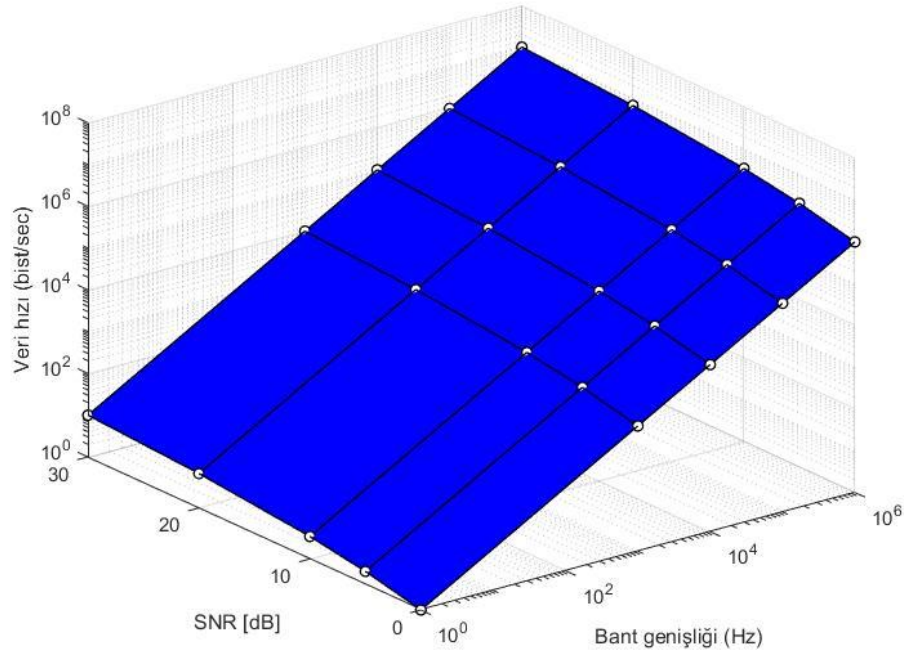
(BW=10⁶, kullanıcı sayısı=8, montecarlörün=10000, Rayleigh sönümlü kanal, alıcıda kanal bilgisi varken)

Şekil.3.'te NOMA ve OMA kapasitelerinin kıyaslamasını gösteren grafik verilmiştir. Buradan görüldüğü üzere düşük SNR değerlerinde(<30dB) OMA erişiminin, yüksek SNR değerlerinde ise (>30dB) NOMA erişiminin daha fazla spektral verimlilik kazancı sağladığı görülmüştür.

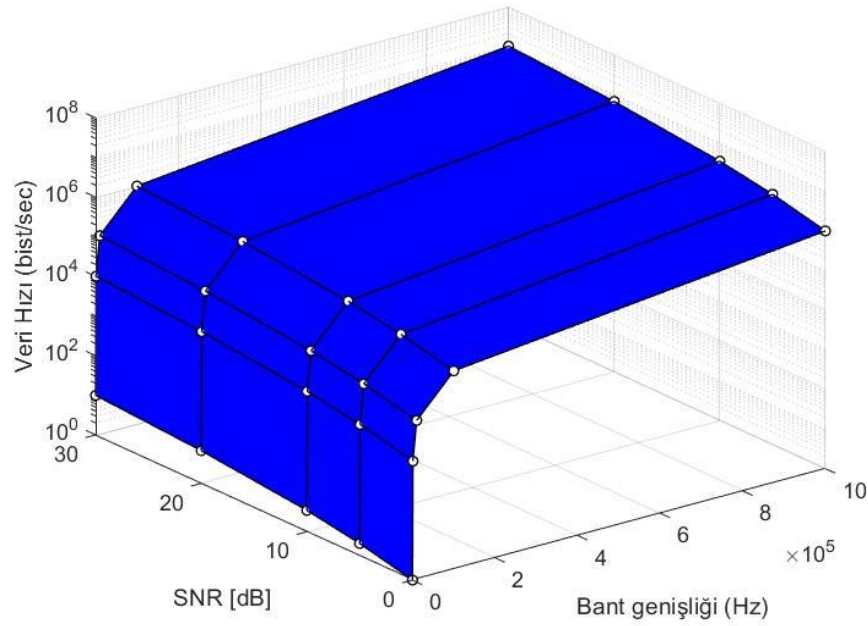


Şekil-4: Artan kullanıcı sayısına karşın Hz başına veri hızı değişimi(BW=10⁶)

Şekil.4'te verilen sonuçlara göre kullanıcı sayısının artışı sistemde veri hızını gönderici gücüne bağlı olarak artırmaktadır. 40dBm lik gönderici gücü için maksimum NOMA ile 23bps/Hz kapasiteye ulaşılmıştır.

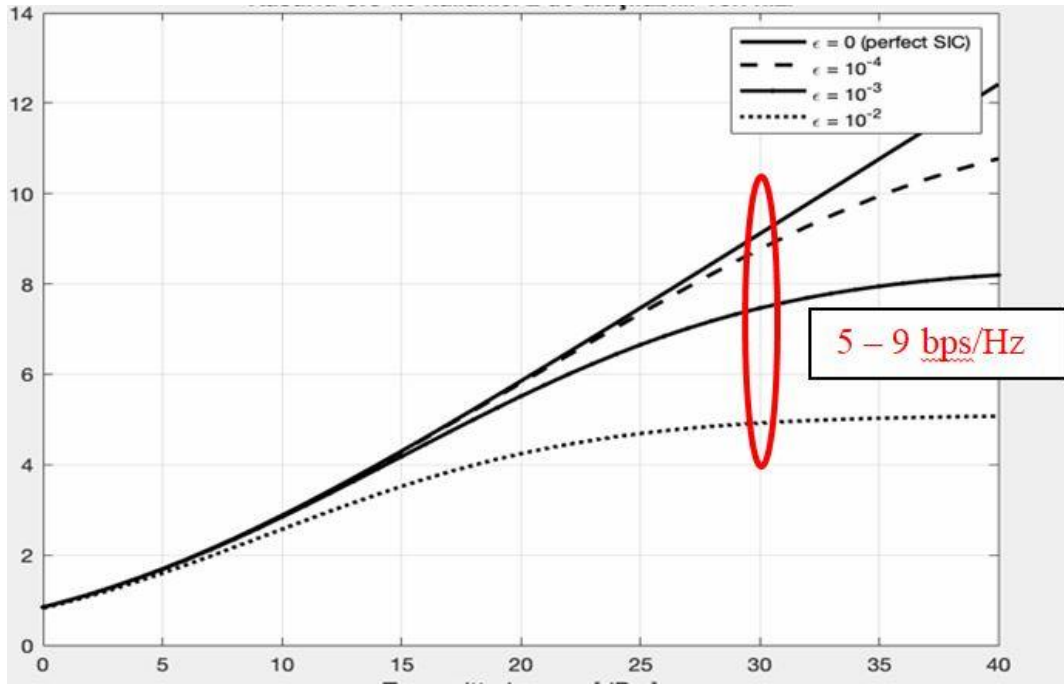


(a)



(b)

Şekil.5.: (a): Veri hızının bant genişliğine göre değişimi, (b): Veri hızının düşük SNRlarda bant genişliğine karşın değişimi.



Şekil.6.: Veri hızının SNR'a göre değişimi

Şekil.5.'te NOMA sistemlerde veri hızı analizinin üç boyutta incelenmesi sonuçları sunulmuştur. Buna göre sistem düşük SNR değerlerinde kapasite artışı ve bant genişliği ilişkisi incelenmiştir. 20dB SNR değerinde yaklaşık 10Mbps veri hızına ulaşıldığı görülmektedir. Şekil 6.'da ikinci kullanıcının kusurlu SIC ile ulaşılabilir veri hızını gösteren grafik verilmiştir. Analizler mükemmel SIC ve kusurlu SIC içeren alıcı blokları için yapılmıştır.

4. Tartışma

5G teknolojisi, kablosuz iletişimde devrim niteliğinde bir adım olarak kabul edilirken, bu teknolojinin temel özelliklerini desteklemek için NOMA, OMA ve SIC gibi çoklu erişim teknikleri ve girişim önleyici etkiler kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada yapılan analizler göstermektedir ki, 30dBm lik gönderici gücü için mükemmel kanal bilgisi altında Hertz başına 9 bits/sec, sönümlü kanalda ise aynı gönderici gücünde Hertz başına 5 bits/sec veri hızı elde edilmektedir. Dolayısıyla sönüm faktörü 10^{-2} için sistem kazancı, alıcıda kanal durum bilgisi ve SIC bilgisi varken hızla artmaktadır. Bu etkiler, spektral verimliliği artırır, kapasiteyi genişletir, güvenilir iletişim sağlar ve düşük gecikme süreleri sunar. 5G teknolojisi bu etkileri bir araya getirerek kablosuz iletişimin geleceğini şekillendirmektedir.



Referanslar

- [1] Gang Lu, Kan Yu, Yimin Lu.: A 5G Comprehensive Practical Teaching Laboratory Plan and Implementation. IEEE International Conference on Teaching, Assesment and Learning for Engineering (TALE), 2023.
- [2] S. Kar, P. Mishra and K.-C. Wang.: 5G-IoT Architecture for Next Generation Smart Systems. IEEE 4th 5G World Forum (5GWF), PP. 241-246, 2021.
- [3] M. Z. Noohani and K. U. Magsi.: A Review Of 5G Technology : Architecture, Security and wide Applications, Int. Res. J. Eng. Technol., vol7, no.5, pp. 1-34, 2020.
- [4] Wei Z., Guo J., Ng D.W.K., Yuan J. Fairness Comparison of Uplink NOMA and OMA; Proceedings of the 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring); Sydney, NSW, Australia. pp.1-6, June 2017
- [5] Mau-Luen Tham, Chee-Onn Chow, Utsu, K, & Ishii, H. "Ber-driven resource allocation in OFDMA systems. 2013 IEEE 24th AnnualInternational Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications" PIMRC, pp-1513-1517,2013.
- [6] A. Osseiran , J. F. Monserrat , P. Marsch, "5G Mobile and Wireless Communications Technology", Cambridge University Press, NY, 2016.
- [7] Z. Ding, X. Lei, G. K. Karagiannidis, R. Schober, J. Yuan and V. K. Bhargava, "A Survey on Non-Orthogonal Multiple Access for 5G Networks: Research Challenges and Future Trends," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 35, no. 10, pp. 2181-2195, October 2017.
- [8] R. C. Kizilirmak, "Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) for 5G", in Towards 5G Wireless Networks - A Physical Layer Perspective, pp. 83-98, InTechOpen, 2016.
- [9] Y. Cai, Z. Qin, F. Cui, G. Y. Li and J. A. McCann, "Modulation and Multiple Access for 5G Networks," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 20, no. 1, pp. 629-646, 2018.
- [10] W. Shin, M. Vaezi, B. Lee, D. J. Love, J. Lee and H. V. Poor, "Non- Orthogonal Multiple Access in Multi-Cell Networks: Theory, Performance, and Practical Challenges," in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 10, pp. 176-183, October 2017.
- [11] Z. Zhang, Z. Ma, X. Lei, M. Xiao, C. Wang and P. Fan, "Power Domain Non-Orthogonal Transmission for Cellular Mobile Broadcasting: Basic Scheme, System Design, and Coverage Performance," in IEEE Wireless Communications, vol. 25, no. 2, pp. 90-99, April 2018.
- [12] Utku O., Oğuz U., Emre G., " Bit Error Rate Analysis of Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) Technique in 5G with Different Power and User Scenarios" 2018 Advenceec in Wireless and Optical Communications, Kasım 2018.
- [13] A. T. Abusabah and H. Arslan, "NOMA for Multinumerology OFDM Systems", in Hindawi Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 2018, Article ID 8514314, 9 pages, 2018.