

T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bilim Dalı

YENİ NESİL HABERLEŞME SİSTEMLERİ İÇİN ÇOKLU
ERİŞİM TEKNİKLERİNİN PERFORMANS
DEĞERLENDİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Tezi

AHMED NIDHAM QASIM QASIM

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi A. F. M. Shahen SHAH

İstanbul – 2021

TEZ TANITIM FORMU

- Yazar Adi Soyadi** : Ahmed Nidham Qasım QASIM
- Tezin Dili** : Türkçe
- Tezin Adı** : Yeni Nesil Haberleşme Sistemleri İçin Çoklu Erişim Tekniklerinin Performans Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması
- Enstitü** : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
- Anabilim Dalı** : Elektrik-Elektronik Mühendisliği
- Tezin Türü** : Yüksek Lisans
- Tezin Tarihi** : 08/ 01/ 2021
- Sayfa Sayısı** : 73
- Tez Danışmanları** : Dr. Öğr. Üyesi A. F. M. Shahen SHAH
- Dizin Terimleri** : 6G, D-OMA, Çoklu erişim şemaları, NOMA, OFDMA, OMA.
- Türkçe Özet** : Mobil iletişim sistemleri, kullanıcıların bu teknolojiyi kullanırken ortaya koydukları talepler nedeniyle sürekli gelişim içindedir. Bu nedenle, 5G'nin olası lansmanından önce, bazı teknolojiler yeni mobil iletişim sistemine giden yolu açmışlardır. Kullanıcılara daha fazla konfor sağlayan teknolojilere duyulan ihtiyaç, onlarca yıl önce yalnızca bilim kurgu olan karmaşık iletişim sistemlerinin kurulmasına yol açmıştır. Şu anda içinde bulunduğumuz bilgi toplumu, zaman içinde sürekli ilerlemenin bir sonucu olmuştur. Bu tezde, yeni nesil haberleşme sistemleri için çoklu erişim sistemlerinin bir araştırması sunulmaktadır. Ortogonal çoklu erişim (orthogonal multiple access, OMA), ortogonal olmayan çoklu erişim (non-orthogonal multiple access, NOMA) ve delta-ortogonal çoklu erişim (D-OMA) gibi yeni nesil haberleşme sistemleri için özel olarak kablosuz iletişim sistemlerinde kullanılan çoklu erişim sistemlerini

gözden geçiriyoruz. Yeni nesil haberleşme sistemleri tanıtıldı. Farklı OMA türleri açıklanır ve ardından ortogonal frekans bölme çoklu erişim (orthogonal frequency division multiple access, OFDMA), NOMA ve D-OMA ile karşılaştırılarak OMA sisteminin bir örneği olarak seçilir. Tezde tartışılıp karşılaştırılan, güç alanı ve kod alanı olmak üzere iki tür NOMA vardır. Simülasyon sonuçları sunulmuştur ve yeni nesil haberleşme sistemlerin'deki farklı erişim sistemleri arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Dağıtım Listesi

- : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

İmzası

Ahmed Nidham Qasim QASIM

BEYAN

Bu tezin/projenin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin/projenin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez/proje olarak sunulmadığını beyan ederim.

Ahmed Nıdham Qasım QASIM

..../..../2021

İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ahmed Nıdham Qasım QASIM'ın Yeni Nesil Haberleşme Sistemleri İçin Çoklu Erişim Tekniklerinin Performans Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması adlı tez çalışması, jürimiz tarafından ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı, ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Başkan_____

Doç.Dr. Indrit MYDERRIZI

İmza

Üye_____

Dr. Öğr. Üyesi A. F. M. Shahen SHAH

(Danışman)

İmza

Üye_____

Doç.Dr. Hacı ILHAN

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

... / ... / 2021

İmzası

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Mobil iletişim sistemleri, kullanıcıların bu teknolojiyi kullanırken ortaya koydukları talepler nedeniyle sürekli gelişim içindedir. Bu nedenle, 5G'nin olası lansmanından önce, bazı teknolojiler yeni mobil iletişim sistemine giden yolu açmışlardır. Kullanıcılara daha fazla konfor sağlayan teknolojilere duyulan ihtiyaç, onlarca yıl önce yalnızca bilim kurgu olan karmaşık iletişim sistemlerinin kurulmasına yol açmıştır. Şu anda içinde bulunduğumuz bilgi toplumu, zaman içinde sürekli ilerlemenin bir sonucu olmuştur. Bu tezde, yeni nesil haberleşme sistemleri için çoklu erişim sistemlerinin bir araştırması sunulmaktadır. Ortogonal çoklu erişim (orthogonal multiple access, OMA), ortogonal olmayan çoklu erişim (non-orthogonal multiple access, NOMA) ve delta-ortogonal çoklu erişim (D-OMA) gibi yeni nesil haberleşme sistemleri için özel olarak kablosuz iletişim sistemlerinde kullanılan çoklu erişim sistemlerini gözden geçiriyoruz. Yeni nesil haberleşme sistemleri tanıtıldı. Farklı OMA türleri açıklanır ve ardından ortogonal frekans bölmeli çoklu erişim (orthogonal frequency division multiple access, OFDMA), NOMA ve D-OMA ile karşılaştırılarak OMA sisteminin bir örneği olarak seçilir. Tezde tartışılıp karşılaştırılan, güç alanı ve kod alanı olmak üzere iki tür NOMA vardır. Simülasyon sonuçları sunulmuştur ve yeni nesil haberleşme sistemlerin'deki farklı erişim sistemleri arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: 6G, Çoklu erişim, OMA, NOMA, D-OMA. FDMA.

ABSTRACT

Mobile communication systems are always in continuous evolution due to the demands that users present when making use of this technology. Therefore, before the possible launch of 5G, some technologies have opened the way to the new mobile communication system. The need for technologies that provide more comfort to users has led to the construction of complex communication systems that decades ago were only science fiction. The information society in which we are now immersed has been the result of constant progress, over time. In this thesis, a survey of multiple access schemes for next generation communication systems is provided. We review multiple access schemes used in wireless communication systems specially for next generation communication systems such as orthogonal multiple access (OMA), non-orthogonal multiple access (NOMA), and delta-orthogonal multiple access (D-OMA), etc. General comparisons of 1G to 6G is presented. Different types of OMA is explained and then orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) is chosen as an example of OMA scheme to compare with NOMA and D-OMA. There are two types of NOMA: power-domain and code-domain which are discussed and compared. Simulation results are presented and comparison among different access schemes for next generation communication systems is provided.

Keywords: 6G, Multiple access, OMA, NOMA, D-OMA. FDMA

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
İÇİNDEKİLER	III
KISALTMALAR	V
TABLolar LİSTESİ.....	VI
ŞEKİlLER LİSTESİ	VII
ÖNSÖZ.....	X
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

MOTİVASYON VE KATKILARI

1.1. ARKA PLAN.....	2
1.2. MOTİVASYON	3
1.3. PROBLEMİN TANIMI.....	4
1.4. LİTERATÜRE KATKI	5
1.5. LİTERATÜR TARAMASI.....	6
1.6. TEZ ORGANİZASYONU	8

İKİNCİ BÖLÜM

1G-5G ÇOKLU ERİŞİM TEKNİKLERİ

2.1. GİRİŞ.....	9
2.2. ORTOGONAL ERİŞİM ŞEMALARI.....	10

2.2.1. OFDMA.....	11
2.2.2. TDMA.....	16
2.2.3. CDMA	18
2.2.4. SC - FDMA.....	21
2.3. ORTOGONAL OLMAYAN ERİŞİM ŞEMALARI.....	22
2.3.1. Ardişik Parazitlerin Önlenmesi (Cancellation Of Successive Interferences CSI) 25	
2.3.2. MIMO Desteği.....	26
2.3.3. Uygulamadaki Sorunlar	28
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
YENİ NESİL HABERLEŞME SİSTEMLERİ İÇİN ÇOKLU ERİŞİM	
TEKNİKLERİ	
3.1. GİRİŞ.....	31
3.2. DELTA ORTOGONAL ÇOKLU ERİŞİM D-OMA	34
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
PERFORMANS ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRMALAR	
4.1. GİRİŞ.....	38
4.2. NOMA - OFDMA KARŞILAŞTIRMASI	39
4.3. D-OMA – NOMA KARŞILAŞTIRMASI	45
4.4. NOMA – SCMA KARŞILAŞTIRMASI	47
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR	55

KISALTMALAR

DOMA	: Delta Orthogonal Multiple Access
FBMC	: Filtered Bank MultiCarrier
HCI	: Human Computer Interface
IMT	: International Mobile Telecommunications
MIMO	: Massive Input Massive Output
NOMA	: Non -Orthogonal Multiple Access
OFDMA	: Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
OMA	: Orthogonal Multiple Access
SaaS	: Software as a Service
SCMA	: Sparse Code Multiple Access
SIC	: Successive interference cancellation
TDMA	: Time Division Multiple Access

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. NOMA şemaları araştırması	30
Tablo 2. 1G-5G Genel Karşılaştırmaları	37
Tablo 3. Şekiller 21 ve 22 için simülasyon parametreleri	41
Tablo 4. Hem OFDMA hemde NOMA'nın artılarını ve eksilerini karşılaştırma.....	44
Tablo 5. D-OMA performans simülasyonunda aşağıdaki parametreler kullanılır	46
Tablo 6. SCMA Prototip için Spesifikasyonlar	48
Tablo 7. Güç alanı tabanlı genişletme ile kod alanı tabanlı genişletmeyi karşılaştırmıştır	52
Tablo 8. En ilgili özelliklere göre farklı yöntemlerin performansı	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Temel MIMO yapısı	3
Şekil 2. OMA - NOMA karşılaştırması	4
Şekil 3. D-OMA yapısı	5
Şekil 4. Basit VANET şeması (Guey vd., 2015)	7
Şekil 5. Çoklu erişim teknolojileri üzerine bir inceleme	10
Şekil 6. OFDMA örneği.....	12
Şekil 7. FDMA, CDMA, TDMA ve OFDMA Bant Genişliği iletimi	14
Şekil 8. 5G ve 5G-nr	15
Şekil 9. TDMA Koruma bandı.....	16
Şekil 10. CDMA iş akışı.....	19
Şekil 11. SC-CDMA ve OFDMA.....	21
Şekil 12. NOMA akış şeması.....	24
Şekil 13. Temel MIMO şeması.....	27
Şekil 14. NOMA – OMA Karşılaştırması	27
Şekil 15. 1G, 2G, 3G, 4G, 5G ve 6G arasındaki fark (Tabassum, Hossain ve Hossain, 2017)	32

Şekil 16. TDMA, FDMA ve CDMA arasındaki farklılıklar (Zou vd., 2016).....	33
Şekil 17. NOMA küme AP'leri	35
Şekil 18. D-OMA, NOMA ve OMA frekansları	36
Şekil 19. NOMA'ya karşı OFDMA.....	39
Şekil 20. NOMA- OFDMA Karşılaştırması	40
Şekil 21. Kullanıcı başına bit oranı (NOMA ve OFDMA).....	42
Şekil 22. NOMA ve OFDMA'nın spektrum verimliliği karşılaştırılması	43
Şekil 23. OMA ve NOMA'nın kanal kapasitesi karşılaştırması	45
Şekil 24. D-OMA ve NOMA'da spektrum verimliliği karşılaştırılması	46
Şekil 25. SCMA Kod Kitabı	47
Şekil 26. Huawei Spesifikasyonu ile NOMA ve SCMA'da Hata Olasılığı	49
Şekil 27. Kullanıcı sayısı başına SCMA, FDMA, NOMA, D-OMA Spektral Verimliliğin ortak bir şekli.....	50
Şekil 28. SCMA, FDMA, NOMA, D-OMA'nın Kapasitesini gösteren toplu bir şekil ...	51

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanma ve yazım sürecinde görüş, öneri ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, bizlere her zaman yeni ufaklar açan, zamanlarını ayırıp değerli fikirleri ile oldukça önemli katkılar sunan kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi A. F. M. Shahen SHAH'a sonsuz teşekkür ederim.

Tez jüri üyelerine, bu tezi yönetmeyi ve süreç boyunca değerli görüş ve önerileriyle daha ileriye götürmemde yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim. Teze vermiş olduğu katkılarından dolayı Doç.Dr. Indrit MYDERRIZI'ya, Doç. Dr. Hacı İLHAN'a, İstanbul Gelişim Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümü ve Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına en içten şükranlarımı sunuyorum.

Son olarak, iyi ve kötü her zaman beni destekledikleri için aileme teşekkür etmek istiyorum.

GİRİŞ

Çoklu erişim şeması, kablosuz iletişim tarihindeki çeşitli kablosuz sistemleri birinci nesilden (1G) altıncı nesile (6G) ayırmak için ana teknoloji olmuştur. Frekans bölümlü çoklu erişim (FDMA), zaman bölümlü çoklu erişim (TDMA), kod bölümlü çoklu erişim (CDMA) ve ortogonal frekans bölümlü çoklu erişim (OFDMA) sırasıyla 1G, 2G, 3G, 4G'de kullanılmıştır. Bunlar, ortogonal çoklu erişim (OMA) teknikleridir. Kullanıcılar arası girişimi önlemek veya azaltmak için bu çoklu erişim sistemlerinde, farklı kullanıcılar zaman, kod veya frekans alanında ortogonal kaynaklara atanır. OMA'da, kullanıcıların veri taşıyan sinyalleri, düşük bir karmaşıklıkta makul ölçüde uygun maliyetli alıcılar konuşlandırılarak uygun şekilde izole edilebilir. Ancak, ortogonal kaynaklar nedeniyle, OMA sınırlı kullanıcıları destekleyebilir. Daha fazla kullanıcıyı desteklemek amacıyla ortogonal olmayan çoklu erişim (NOMA) önerilmiştir. Ortogonal olmayan sinyalleri ayırmak için alıcıdaki karmaşıklık NOMA'da artmıştır. Son zamanlarda, delta-ortogonal çoklu erişim (D-OMA) gelecekteki yeni nesil haberleşme sistemlerinde büyük erişim için önerilmiştir.

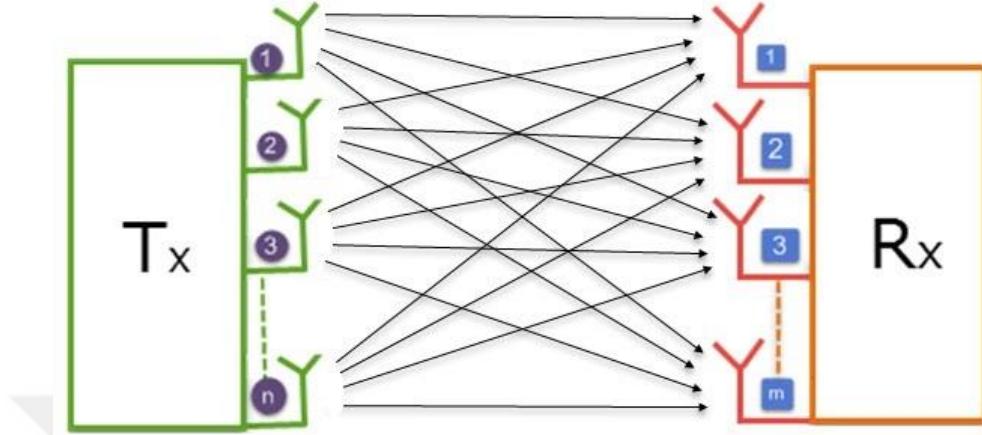
Bu yazıda, özellikle yeni nesil haberleşme sistemleri için kablosuz iletişim sistemlerinde kullanılan çoklu erişim şemalarının bir incelemesi sunulmaktadır. 1G ile 5G'nin genel karşılaştırmaları sunulmaktadır. OMA, NOMA ve D-OMA gözden geçirilir. TDMA, CDMA, FDMA ve OFDMA gibi farklı OMA türleri incelenir. Diğer tekniklerle karşılaştırma için OFDMA, OMA şemasının bir örneği olarak seçilmiştir. Güç etki alanı NOMA ve kod etki alanı NOMA tartışılır. D-OMA şeması açıklanmıştır. Simülasyon sonuçları sunulur ve yeni nesil haberleşme sistemlerin'deki farklı erişim şemaları arasında karşılaştırma sağlanır.

BİRİNCİ BÖLÜM

MOTİVASYON VE KATKILARI

1.1. Arka Plan

Mobil iletişim sistemleri, kullanıcıların bu teknolojiyi kullanırken ortaya koydukları talepler nedeniyle sürekli gelişim içindedir, bu nedenle 5G'nin olası lansmanından önce yeni mobil iletişim sistemine giden yolu açan teknolojiler mevcuttur. Kullanıcılara daha fazla rahatlık sağlayan teknolojilere duyulan ihtiyaç, onlarca yıl önce sadece bilim kurgu olan karmaşık iletişim sistemlerinin inşasına yol açtı, şimdi içinde bulunduğumuz bilgi toplumu zaman içinde sürekli ilerlemenin bir sonucu oluşmuştur. Kablosuz teknolojileri, son derece mobil ortamlarda hazlihazırda beşinci ve dördüncü nesilde olan mobil iletişim şekline dönüşmüştür. Bu istikrarlı ilerleme, daha kaliteli hizmetlerle daha fazla sayıda cihaza hizmet verebileceğiniz beşinci nesil mobil iletişimde birleşecektir (David ve Berndt, 2018). Yeni nesil haberleşme sistemlerin'de ağır yoğunlaştırılması amaçlanmıştır, bunun için radyoelektrik spektrumun kullanımının, mevcut tüm bant genişliğinin kullanılacağı şekilde iyileştirilmesi esastır. Şimdiye kadar ortogonal modülasyonların kullanımı bize spektrumun kabul edilebilir bir şekilde kanalize edilmesini sağlamıştır. OFDMA ve OMA çoklu erişim, 5G ve 4G'de kullanılan erişimdir ve IMT-Advanced standardının önerdiği beklentileri karşılamıştır. Gelecek nesil mobil iletişim, elektromanyetik spektrumun lansmanından önce önerilen hedeflere ulaşılacak şekilde daha iyi kullanılmasını amaçlamaktadır, bu nedenle yeni nesil haberleşme sistemleri D-OMA'nın iletim gereksinimlerini karşılamak için yeni modülasyon ve çoklu erişim şemaları; Ortama erişim için vericiden mobil cihaza bilgi taşıyabilecek adaylar olarak ortaya çıkan filtre tabanlı modülasyonlar ve ortogonal olmayan teknolojiler, yüksek frekansların (milimetre dalgalar) yanı sıra muazzam Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (MIMO masif) teknolojilerinin kullanımı önerilmiştir. Şekil 1'de bir MIMO sisteminin basit yapısı sunulmaktadır.

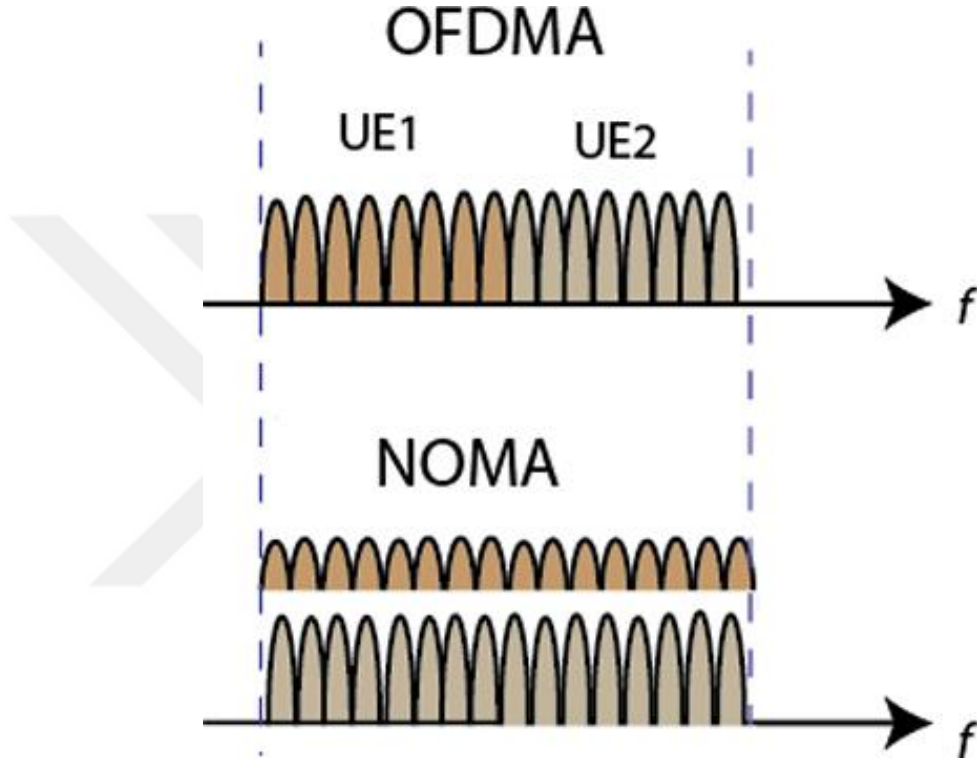


Şekil 1. Temel MIMO yapısı

1.2. Motivasyon

Yeni nesil haberleşme sistemleri için modülasyon ve çoklu erişim açısından en uygun profil hakkında net sonuçlar elde etmek için, ilk hedefte önerilen önceki araştırmaların teorik desteği artı ikinci hedefte önerilen simülatördeki değerlendirme, ortamın beşinci nesil mobil iletişim için modülasyon ve çoklu erişim şemasının en uygun profilinin ne olacağını anlamayı mümkün kılacak yeni erişim teknolojilerini karşılaştırmak için gerekli olacaktır. Üçüncü hedefte önerilen şemaların karşılaştırılması, bu araştırma dokümanının modülasyon ve çoklu erişim konusunda bir referans çerçevesi olma olasılığını ortaya koyacaktır. Bu araştırmanın başlangıcında en çok özetlenen şemalar şunlardır: (OFDM, Filtered Bank MultiCarrier (FBMC) Filtered OFDM, non-ortogonal multiple access NOMA ve Delta orthogonal multiple access D-OMA). Çoklu erişim OFDMA ile ilgili olarak ortogonal olmayan ortama erişimin yeni teknolojileri olarak karşılaştırılacaktır. Bu değerlendirme spektral yoğunluk enerji verimliliği ve iletim gecikmesi gibi temel parametrelerin grafiklerinin analiz edildiği simülasyonların sonuçlarında sunulmuştur (Cai, Qin, Cui, Li ve McCann, 2017). Bu sonuçlar, belirli senaryolar için en iyi performansı sunan şemanın hangisi olduğunu ayırt etmek için gerekli bilgileri sağlar, bu yolla, yeni

kablosuz iletişim sisteminin uygulanması için en uygun adayın hangisi olduğunu öngörebiliriz. Şekil 2’de OMA - NOMA karşılaştırması sunulmaktadır.

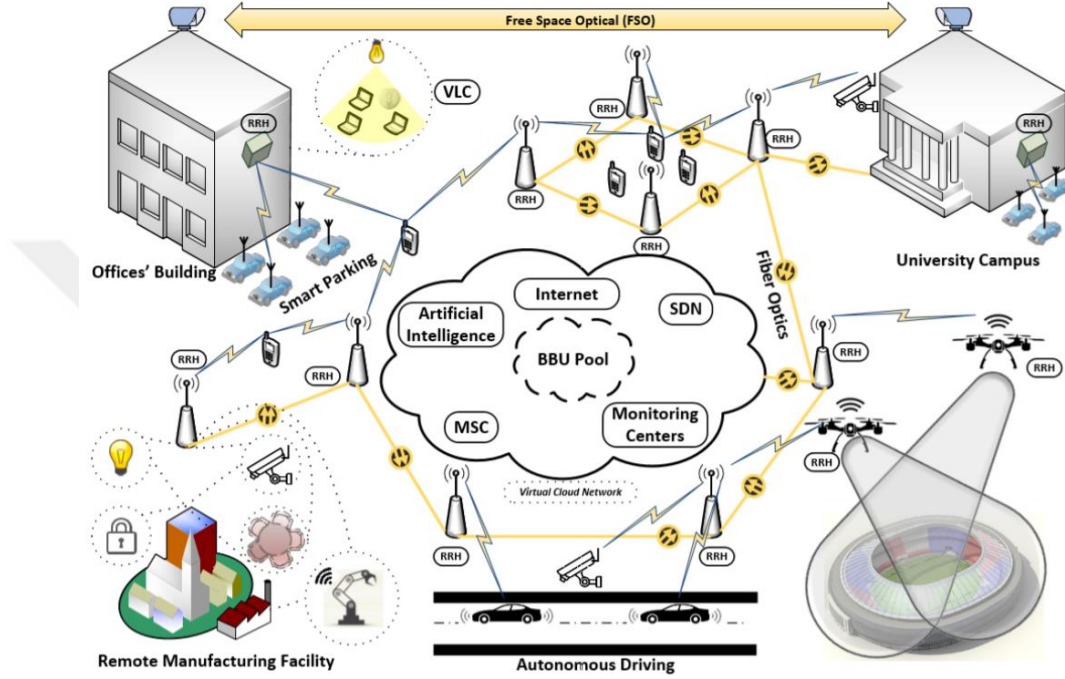


Şekil 2. OMA - NOMA karşılaştırması

1.3. Problemin Tanımı

Bugün mobil iletişim ağlarına bağlı cihaz sayısında büyük bir artışa tanık oluyoruz ve bu, "nesnelerin interneti" nin "patlaması" nedeniyle yıllar geçtikçe daha da artmaya devam edecektir. "Bağlı olan bu çok sayıda cihaz, bizi gelecekte karşılanması gereken yeni taleplere yönlendirecektir. Gelecekteki ağların beklenen gereksinimlerini bilmek, Yeni nesil haberleşme sistemleri kablosuz iletişimin tasarımı ve standardizasyonu için çeşitli araştırmalar ilgi odağı olmuştur. Yeni nesil haberleşme sistemleri için en iyi adaylar arasından Delta-Ortogonal Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (Delta-Orthogonal Frequency

Division Multiple Access: D-OMA), yüksek spektral verimliliği nedeniyle umut verici bir çoklu ortam erişim tekniği olarak kabul edilir. Şekil 3'te D-OMA yapısı sunulmaktadır.



Şekil 3. D-OMA yapısı

1.4. Literatüre Katkı

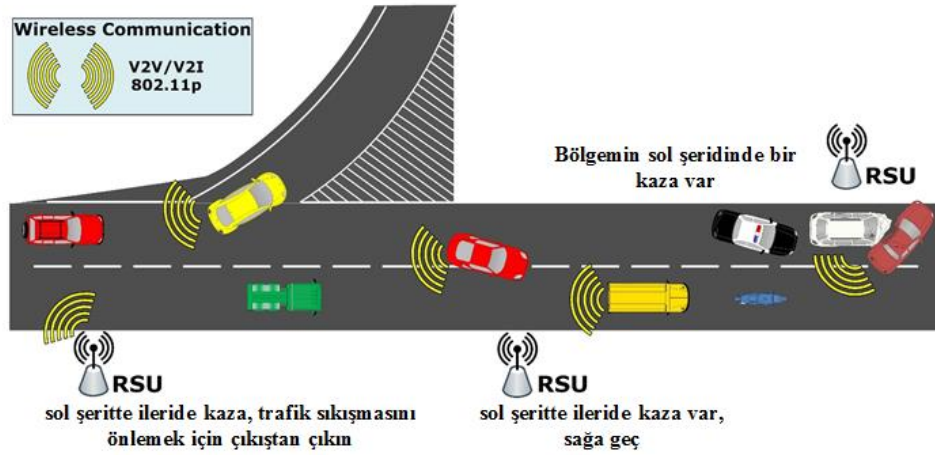
Hücreli iletişimin amacı, kullanıcıların radyo-hücreli sistem aracılığıyla iletişim ağında bulunan herhangi bir diğeriyle iletişim kurabilecekleri bir hizmet sağlamaktır. Hücreli teknolojinin hızla büyümesiyle birlikte, mobil iletişim hizmetlerinin sürdürülebilirliğini sağlamaya devam etmek için çeşitli araştırmalar yapılmakta olup, söz konusu incelemelerin araştırma merkezinde çoklu erişim teknikleri bulunmaktadır. Bu ilk bölümde Çoklu Erişim ve Çoklama terimleri arasındaki farkı analiz edeceğiz, daha sonra bunları oluşturan çeşitli teknikler ve bunlara ek olarak bazı teknikler hakkında ayrıntılı olarak konuşmak için sınıflandırmalarını tanımlayacağımız Çoklu Erişim tekniklerine,

buna ek olarak hangi tekniğin diğlerinden daha iyi olduğu konusunda daha net bir fikir sahibi olmamızı sağlayacak bu farklı teknikleri karakterize eden bazı avantajlar ve dezavantajlara odaklanacağız. İlk bölümü bitirmek için, Ortogonal Olmayan Çoklu Erişim'in (NOMA) bazı yönlerinden ve bu tekniğin getireceği faydaların bazılarında bahsedilecektir. Bu araştırmada, OMA ve varyasyonları (kesin olarak OFDMA) gibi 4G ağlarında kullanılan eski çoğullama teknikleri ve ortogonal olmayan çoklu erişim N-OMA gibi 5G modülasyon tekniklerinden Delta-ortogonal çoklu erişim teknikleri D-OMA gibi daha yeni metotlarının performansı üzerine karşılaştırmalı bir çalışma gerçekleştiriyoruz ve onun spektral verimlilik ile Uplink ve Downlink bağlantıya göre yeni nesil haberleşme sistemleri ortamlarındaki performansını değerlendiriyoruz.

1.5. Literatür Taraması

ITU-R Çalışma Grubu (WP) 5D, Uluslararası Mobil Telekomünikasyon (IMT) sistemlerinin genel radyo yönlerinden sorumludur. IMT-2000 (3G) ve IMT-Advanced (4G) şu anda kullanımdadır. WP5D, teknik, operasyonel ve spektrumla ilgili konular da dahil olmak üzere, IMT'nin karasal bileşeniyle ilgili konularda ITU-R içerisinde birincil sorumluluğa sahiptir. Bu amaçla grup, ITU-R M.1457 Tavsiyesinde IMT-2000 sistemleri için ve ITU-R M.2012 Tavsiyesinde IMT-Advanced için radyo arayüz spesifikasyonları dahil olmak üzere tavsiyeler geliştirmekte ve sürdürmektedir. WP5D şu anda 5G'ye karşılık gelen IMT 2020 üzerinde çalışıyor. Bu tavsiye iki teknik raporla tamamlanacaktır. IMT'nin evrimi de dahil olmak üzere 2015-2020 süresince ve sonrasında karasal IMT sistemlerinin teknik yönlerini açıklayacak bir teknoloji trendleri raporu. İkinci bir rapor 6GHz üzerindeki bantlarda IMT'nin teknik fizibilitesini açıklayacaktır. ITU-R içindeki bu ilk çalışma, Yirmi-yirmi (2020) Bilgi Toplumu (METIS) için Mobil ve kablosuz iletişim Sağlayıcılarının 5G ile ilgili devam eden küresel keşif araştırma faaliyetleriyle diğer projeler arasında iyi bir bağ kurmaktadır (Wang, Li, Xu, Tian ve Cui, 2018). 2020 toplumu bağlı bir toplum olacak. Evdeki akıllı ve entegre sensör sistemleri ve sensör ağları ile birlikte IoT (nesnelerin interneti), insanların hayatlarını yönetme şeklini değiştirecek.

"Akıllı yaşam" insanları, etkinlik verilerini ve IoT (nesnelerin interneti) kontrol komutlarını yüklemek için sürekli ve ulaşılabilir mobil ağ bağlantısına ihtiyaç duyacak ve böylece bir "toplu raporlama" uplink veri akışı üretecektir. Makineden makineye devasa iletişim ve makineden makineye kritik iletişim, hizmet sunumunda ve endüstri operasyonlarında kritik bir rol oynayacaktır (Ali, Hossain ve Kim, 2016). Araç geçici ağları (VANET) sürekli olarak gelişmektedir. 2020'ye kadar, hücresel ağlarla entegre VANET ağları, daha akıllı ve güvenli bir ulaşım sistemine yol açacak şekilde VANET bulutu olarak çalışacaktır. Önümüzdeki on yıl içinde internete bağlanan cihazların sayısı on veya yüz milyarı aştığında, ağ verilerinin lisanssız bantlarda indirilmesi, garantili bit hızı hizmetleri ve kontrol sinyallemesinde bir azalma sağlayarak ağ yük dengelemesinde kritik bir rol oynayacaktır. Bu nedenle, 5G'nin gerçek zamanlı trafik için yüksek talebi karşılamak amacıyla yoğun ve heterojen ağlarla sorunsuz uyumluluk sağlaması önemlidir, böylece son kullanıcılar ağa sorunsuz bir şekilde bağlanabilir (Guey, Liao, Chen, Hsu, Hwang ve Lin, 2015). Şekil 4'te basit bir VANET sistemi gösterilmektedir.



Şekil 4. Basit VANET şeması (Guey vd., 2015).

1.6. Tez Organizasyonu

Bölüm 2 Önerilen yöntemimizin her adımında kullanılan önceki yöntemlerden bazılarını açıklayacağız, kullanılan yöntemlerimiz hakkında bir arka plan vereceğiz, Bölüm 3 Yöntemimizi ayrıntılı olarak açıklayacağız, Bölüm 4 sonucu tartışacağız, Bölüm 5 Çalışmamızı sonuçlandırıp ve yöntemimize dayalı gelecek için çalışmalar öneriyoruz.

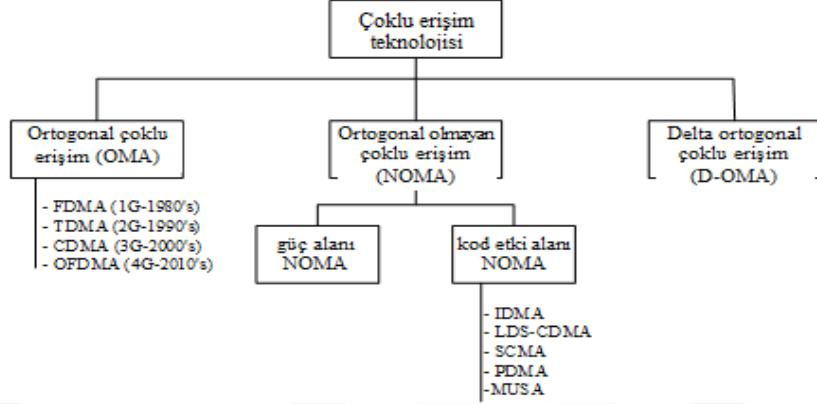


İKİNCİ BÖLÜM

1G-5G ÇOKLU ERİŞİM TEKNİKLERİ

2.1. Giriş

Çoklu Erişim ve Çoklama anlamları arasındaki farkı bilmek, birçok insan onları şaşırtmaya ve hatta anlamlarının aynı olduğunu düşünmeye meyilli olduğundan son derece önemlidir. Mobil telsiz sistemlerinde Çoklu Erişim, kullanıcılar tarafından muhtemelen en verimli şekilde aynı kaynağı paylaşırken gerçekleştirilen eylem olarak anlaşılmaktadır. Çoklu erişim tekniklerinin temel amacı, farklı kaynaklardan gelen sinyalleri ortak bir iletim ortamında, hedeflerin her birine farklı sinyaller veya kanallar karşılıklı parazit olmaksızın ayrılabilir şekilde birleştirmektir. Öte yandan, Çoklama terimi, bilgi sinyallerini iletim sinyallerine dönüştürmek için kullanılan süreci ifade eder (David ve Berndt, 2018). Çoklu Erişim, kullanıcıların hangi kısmının hangi kullanıcıya karşılık geldiği tanımlanmayan ortamı almasının zorunlu olduğu sürekli bir rekabet olarak görülebilir. Bunun tersi durum, ortamın (kanalın) her kullanıcı için zaten tanımlandığı Çoklama ile ortaya çıkar. Çoklu Erişim ve Çoklama arasındaki fark hakkında daha net bir fikir sahibi olmak için aşağıdaki örnek önerilmiştir: Kullanılabilir 10 yeri olan bir park yeri vardır. Söz konusu park, Çoklu Erişim olarak çalışsaydı, kullanıcıların yerleri ayrılmış olmazdı, bu nedenle kullanıcılar arasında yerleri işgal etmek için bir yarışma olurdu. Öte yandan, Çoklama olduğunda, her kullanıcının yeri zaten söz konusu otoparkta ayrılmış olacaktır. Önceki alt başlıkta daha önce detaylandırıldığı gibi Çoklu Erişim teknikleri, farklı kullanıcıların aynı ortamı paylaşmasına izin verir. Çoklu Erişim tekniklerinin türleri şu şekilde sınıflandırılır: Ortogonal sinyaller ve Ortogonal olmayan sinyaller. Şekil 5'te çoklu erişim tekniklerinin karşılaştırması sunulmaktadır.



Şekil 5. Çoklu erişim teknolojileri üzerine bir inceleme

2.2. Ortogonal Erişim Şemaları

Ortogonal medya erişim tekniklerinin sınıflandırılmasında şunları bulabiliriz:

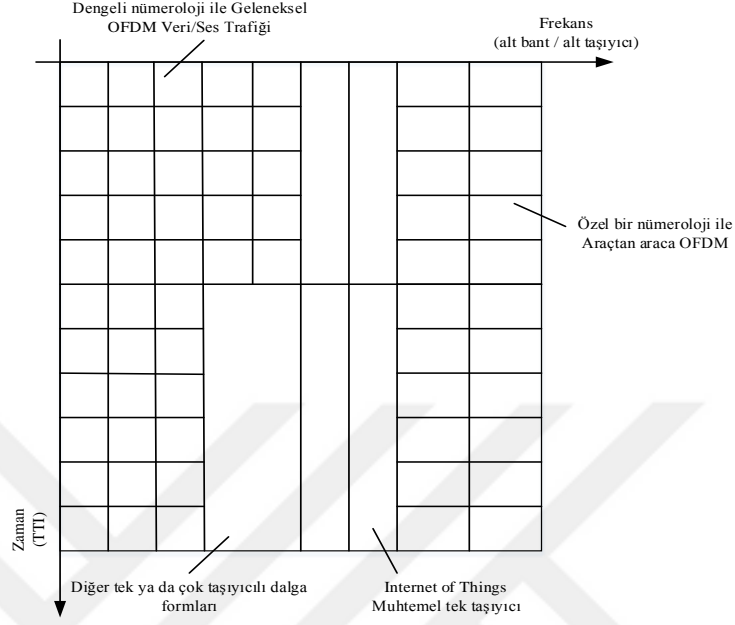
- Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (Time Division Multiple Access, İngilizce kısaltması; TDMA).
- Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (Frequency Division Multiple Access, İngilizce kısaltması; FDMA).
- Kod Bölmeli Çoklu Erişim (Code Division Multiple Access, İngilizce kısaltması; CDMA).
- Ortogonal Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, İngilizce kısaltması; OFDMA).
- Tek Taşıyıcı Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (Single Carrier Frequency Division Multiple Access, İngilizce Kısaltması; SC-FDMA)

Yukarıda belirtilenler çoklu erişim teknikleridir. Bu teknikler, hücre içi paraziti önleme ve havadan parazit tasarımı basitleştirme özelliklerine sahiptir.

Ancak, hücreler arası parazitten sıkıntı çekmektedirler (David ve Berndt, 2018). Sinyal ortogonalite tekniği, iletim sinyallerinin birbirleriyle 90° faz farkı olacak şekilde oluşturulmasına dayanır.

2.2.1. OFDMA

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), 4G'nin ortama erişim sağlamak için kullandığı temel çoklama şemasıdır. Ortogonal Frekans Bölmeli Çoklama (OFDM), bilgiyi tek bir iletim olarak göndermek yerine, bilgiyi birkaç paralel alt akışa böler ve her bir alt akışı, alt taşıyıcı olarak bilinen farklı bir frekansta gönderir. Birçok yeni iletişim sistemi, semboller arası parazite (ISI) tolerans ve iyi spektral verimlilik gibi iyi özellikleri nedeniyle OFDM'yi seçmiştir. OFDM fikri 1960'larda geliştirilmiş olsa da, OFDM için en büyük itici güç IC fiyatlarının düşürülmesi ve hızlı Fourier dönüşümünü kullanma olasılığıydı (Ali, Tabassum ve Hossain, 2016). Ortogonal frekans bölmeli çoklama (OFDM), çok taşıyıcı modülasyona (MCM) ve frekans bölmeli çoklamaya (FDM) dayalı bir tekniktir. OFDM, bir modülasyon veya çoklama yöntemi olarak düşünülebilir. Çoklu taşıyıcı modülasyonunun arkasındaki temel fikir, sinyalin bant genişliğini paralel alt taşıyıcılara veya toplam bant genişliğinin dar bantlarına bölmektir (Li, Wu ve Laroia, 2013). Şekil 6'da bir OFDMA örneği verilmektedir.



Şekil 6. OFDMA örneği

OFDM sembolü, iletimden önce dijital alanda oluşturulur, BPSK, 16QAM gibi yaygın dijital modülasyonlar ona uygulanır (5G, 256QAM'a kadar modülasyonlar kullanmayı amaçlamaktadır). Bu veri akışı, bir OFDM sembolü haline gelen N sayıda paralel akışa bölünmüştür, bu nedenle bir OFDM sembolü, farklı bilgi akışlarının birkaç örneğinden oluşur:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{\frac{j2\pi kn}{N}} \quad (1)$$

a_n n'inci alt taşıyıcıdaki veri sembolü olduğunda, denklem ters ayrık Fourier dönüşümünün (IDTF) n'inci noktasına eşdeğerdir. Alt taşıyıcıların aralığı ve frekans, diklik kriteri tam olarak karşılanacak şekilde seçilir.

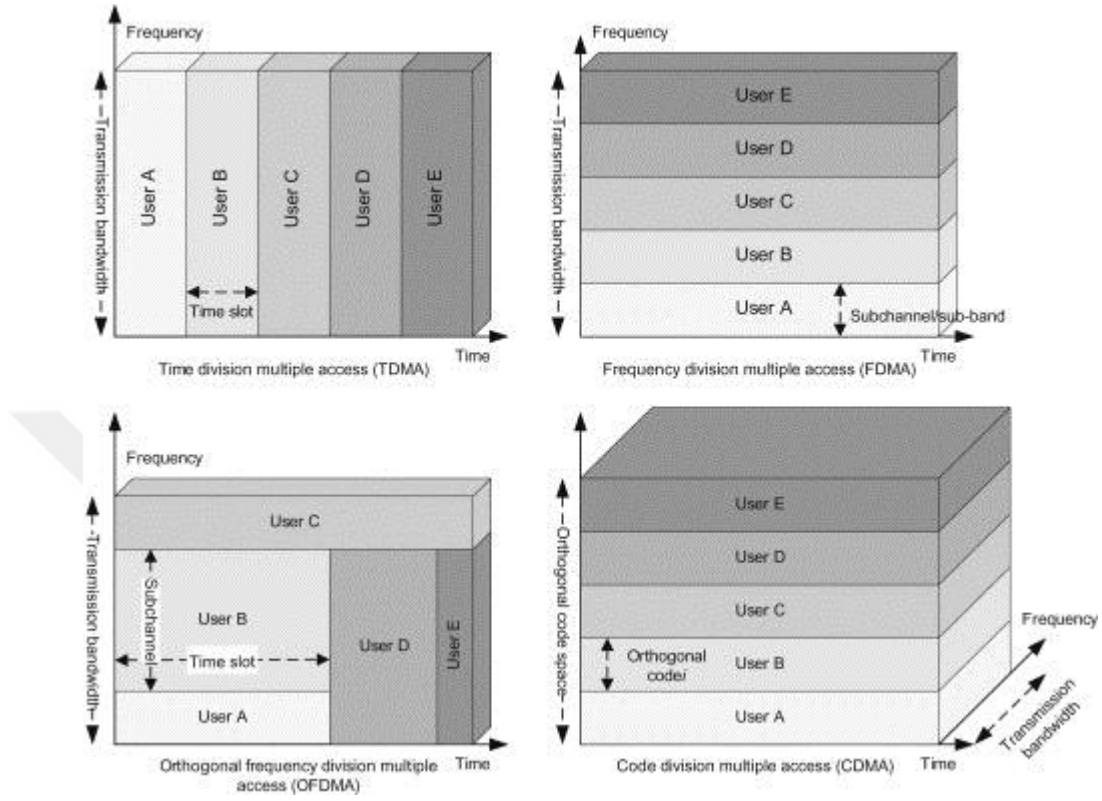
Ortogonalite, tanım gereği, iki sinyalin çarpımının T zamanındaki ortalama değerinin sıfır olduğu anlamına gelir. Bu kriter şu denklemi ele alır:

$$\frac{1}{T} = \int_T x(t)y(t)dt = 0 \quad (2)$$

Bu, sinyallerin birbiriyle ilişkili olmadığı, yani farklı ve bağımsız sinyaller olduğu anlamına gelir. OFDM'de, alt taşıyıcı spektrumları olarak Sinc şeklindeki darbeler kullanılır (Şekil 7'de görülebileceği gibi). Sinc darbelerinin özelliklerine göre, sıfır geçişleri $1 / T$ 'nin katlarında bulunur, f_c alt taşıyıcısının merkezi frekansı ve sinc darbelerin kullanılmasıyla, her alt taşıyıcının ortogonallığı korunur:

$$f_i = f_c + \frac{i}{T} = -\frac{N}{2} \dots \frac{N}{2} \quad (3)$$

Burada f_c kanalın merkez frekansı ve N alt taşıyıcıların sayısıdır. Bu şekilde, her bir alt taşıyıcı kendi merkez frekansında maksimum ve komşu alt taşıyıcının merkezinde sıfırdır. Paralel seri dönüşümünden sonra, ters ayrık Fourier dönüşümü uygulanır (pratikte ters hızlı Fourier dönüşümü IFFT'ye karşılık gelir). Bu, frekans alanından zaman alanına geçişe eşdeğerdir (Farhang-Boroujeny ve Moradi, 2016). IFFT'den sonra, tüm paralel veriler toplanır ve iletilir. OFDM sistemindeki en önemli özelliklerden biri, frekans seçici kanalın küçük alt kanallara bölünmesidir. Hızlı bir seri veri akışını daha yavaş N adet paralel veri akışına dönüştürmek, daha uzun sembol dönemleri kullanma olasılığını sağlar. Daha uzun iletim süreleri, daha kısa sembol sürelerine göre daha fazla gecikme yayılımına izin verir. Bu özellik, OFDM'yi zor çok yollu ortamlar için uygun hale getirir, çünkü daha uzun sembol süreleri OFDM'yi ISI'ye karşı dayanıklı kılar. OFDM, ISI'ye çok dirençli olmasına rağmen, frekans kaymalarına ve faz gürültüsüne karşı oldukça duyarlıdır. Frekanslardaki küçük değişiklikler, doğrudan ortogonalite kaybına neden olur (Hoshyar, Wathan ve Tafazolli, 2008). Şekil 7'de FDMA, CDMA, TDMA ve OFDMA bant genişliği iletimi gösterilmektedir.



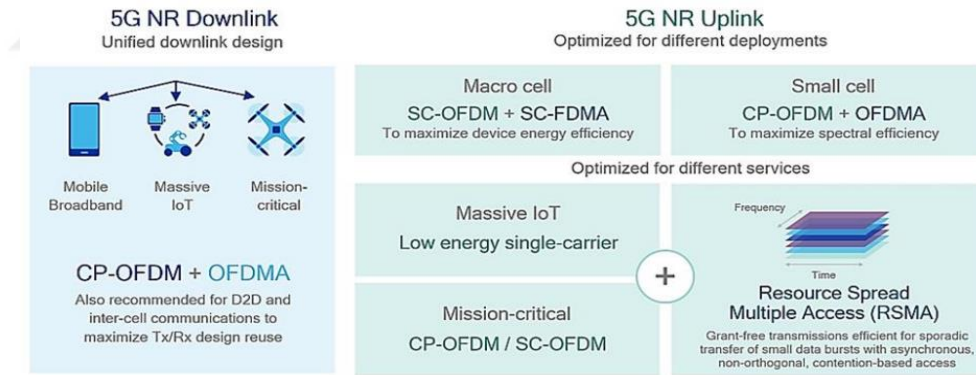
Şekil 7. FDMA, CDMA, TDMA ve OFDMA Bant Genişliği iletimi

OFDM frekans alanında, semboller arasındaki paraziti azaltmak için gerekli parametreleri getirmesine rağmen spektral verimliliği düşürerek önemli ölçüde bant genişliği israfı yaratan ve zaman alanında koruma süresi olan döngüsel bir önek ekler (5G'yi iyileştirmek için temel parametre). Döngüsel önek (The cyclic prefix, CP), ISI'yi ortadan kaldırmak amacıyla üretilen bir dizi ek örnektir. ISI, bilgi bitleri tarafından zaten üretilen örnekleri etkilemez, çünkü bu parazit ek örnekler tarafından emilir (döngüsel önek-CP) (Ding, Lei, Karagiannidis, Schober, Yuan ve Bhargava, 2017). CP kullanmanın bir başka avantajı da bir dairesel konvolüsyon oluşturmasıdır. ISI'den etkilenen örnekler alıcı tarafından elenecektir. Döngüsel önek bilgilerle birlikte iletilir, bu bize ISI'den kaçınma avantajı sağlar, yalnızca bazı alt taşıyıcılarda sönmlemeye ek olarak darbeyi modellemek gerekli değildir. Dezavantajları, FFT algoritmasının hesaplama yükü, alt taşıyıcılar

üzerindeki Doppler etkisi ve doğrusal amplifikatörler için gerekli yüksek güçtür. Alınan sinyal, OFDM sembolünün CP ile konvolüsyonu ve kanalın dürtü yanıtıdır. Gösterimi basitleştirmek için, OFDM sembol dizisi $s[k]$, 14 kez s temsil edilir ve kanal dürtü yanıtı ve alınan dizi için de benzer şekilde, daha sonra gürültü yokken alınan sinyal aşağıdaki gibi bir denklem matrisi açısından tanımlanabilir:

$$y = HS \quad (4)$$

Şimdi matris $Y = Hs$ biçimindedir. Matris H , ilgilenilen N numunenin dairesel konvolüsyonudur (Ding vd., 2017). 3GPP üyesi şirketler, OFDM tabanlı dalga formlarının ve çoklu erişimin 5G NR'de yoğun bir şekilde kullanılacağını kabul etse de, tam dalga formunun ve çoklu erişimin uygulanması hala tartışılmaktadır. Farklı 5G kullanım durumları ve uygulamaları için birden fazla OFDM varyantı düşünülmektedir. Şekil 8'de Qualcomm'un önerisinin bir özeti verilmiştir.



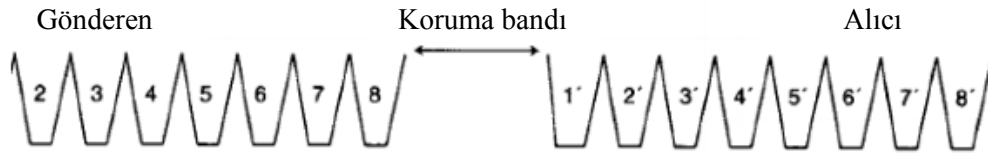
Şekil 8. 5G ve 5G-nr

Downlink iletimleri bakımından 5G NR ağları, tüm hizmetler ve uygulamalar genelinde birleşik bir dalga biçimine ve çoklu erişim tasarımına sahip olmanın basitliğinden yararlanabilir. Qualcomm'un önerisi, bugün LTE sistemlerinde yaygın olarak kullanılan pencereci CP-OFDM'yi OFDMA çoklu erişimiyle birlikte benimsemektir. Bu yerleşik yaklaşım, OFDM frekans lokalizasyonu için bir çözüm sağlarken, 5G'nin yüksek spektral verimlilik, düşük karmaşıklık ve verimli MIMO uygulaması gereksinimlerini

karşılmaktadır. Alternatif OFDM tabanlı yaklaşımlar, gerçekçi uygulamalarda marjinal faydaları olan çoklama ve radyo tasarımı biçiminde karmaşıklık eklemektedir. Aynı tasarım, verici ve alıcı tasarımının maksimum yeniden kullanımına izin veren cihazlar arası ve hücreden hücreye iletişim için de tavsiye edilir (Lien, Shieh, Huang, Su, Hsu ve Wei, 2017).

2.2.2. TDMA

TDMA tekniği, bilgiyi iletmek için yalnızca bir taşıyıcı sinyal kullanır, kullanıcılar radyo spektrumunu zaman alanında paylaşır. Bu, iletişim sırasında ortam için mücadele eden kullanıcılardan yalnızca biri için bir süre (zaman dilimleri) atanarak elde edilir. Bu süre zarfında, kullanıcı sistemde mevcut olan tüm frekans aralığına erişebilir, bu durumda TDMA tekniği WB-TDMA (Geniş Bant TDMA) olarak bilinir. Öte yandan, NB-TDMA'da (Dar Bant TDMA), kullanıcı, sistemin frekans aralığının yalnızca bir kısmına erişebilir (David ve Berndt, 2018). Şekil 9'de TDMA tekniğinin işleyişini göstermektedir.



Şekil 9. TDMA Koruma bandı

TDMA tekniğinin temel avantajlarından biri, kullanıcıların zaman alanındaki bölünmeler sayesinde ortaya çıkarak diğer eşzamanlı iletimlerde parazit oluşmamasını sağlamaktır ve bu, kullanıcının, mobil birimin toplam konuşma süresinden daha kısa bir süre içinde (1/3'ten 1/10'a kadar) halihazırda yalnızca bir zaman diliminde (1/3'ten 1/10'a) iletimde bulunduğu baz istasyonu ile iletişim kurarken pil tasarrufu yapmasına imkan verir,

Ek olarak, verici ve alıcı kullanımında değilken kapatılabilir (Patzold, 2018). WB-TDMA tekniğinde bulabileceğimiz bazı avantaj ve dezavantajlar şunlardır.

Avantajları:

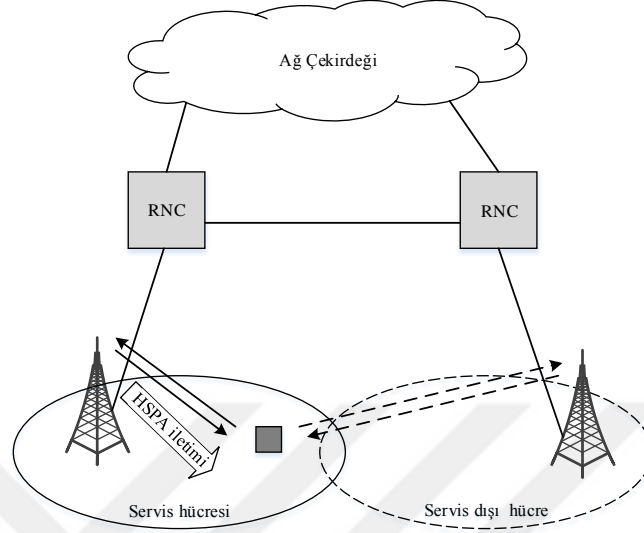
- Çok yönlü bozulmaya karşı doğal frekans çeşitliliği.
- İletim ve alım için farklı zaman aralıkları seçerek mobil istasyondaki çift yönlü filtreleri atlamak mümkündür.

Dezavantajları:

- WB-TDMA sistemi, NB-TDMA'dan daha az olgunlaşmıştır.
- Sistemin verimli bir şekilde dengelenmesi gereklidir, ancak bu teknikte elde edilmesi zordur.
- Kullanıcılar ve baz istasyonu arasında senkronizasyon gereklidir.
- Her zaman her yerde bulunmayabilecek uzun sabit frekans bantları gerektirir.
- Yüksek işlem hızı gereklidir. NB-TDMA tekniğinde bulabileceğimiz bazı avantaj ve dezavantajlar şunlardır: Avantajlar:
- Bu teknikte kullanılan teknoloji olgunlaşmıştır.
- Osilatör kararlılığı ile ilgili gereksinimler, WB-TDMA ile karşılaştırıldığında daha gevşektir.
- İletim ve alım için farklı zaman aralıkları seçerek mobil istasyondaki çift yönlü filtreleri atlamak mümkündür.
- Şifrelemenin uygulanması çok daha kolay olabilir.
- Bazı eşitleme sorunları olasıdır.
- WB-TDMA'da olduğu gibi, bu teknikte elde edilmesi güç olan verimli bir sistem eşitlemesine ihtiyaç duyar.

2.2.3. CDMA

Kod Bölümlü Çoklu Erişim, CDMA, Yayılı Spektrum ile İleri Mobil Telefon Servisi'ni (AMPS, İngilizce Kısaltma, Advanced Mobile Phone Service) birleştiren IS-95 standardının spesifikasyonlarına dayalı olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmıştır. CDMA sistemlerinde, kullanıcılar aynı radyo kanalı üzerinde çalışabilir ve aynı zamanda farklı kod dizileri kullanabilir. Yayılı Spektrum Çoklu Erişim (SSMA, Spread Spectrum Multiple Access) olarak da bilinir. Yayılı spektrum radyo teknolojisi, askeri uygulamalarda uzun yıllardır kullanılmaktadır. 1989'da, yayılı spektrum CDMA tekniği endüstri standartları komitesine sunuldu, ancak TDMA ve FDMA teknolojileri arasındaki iki yıllık tartışmanın sonrasına kadar onaylanmadı. CDMA hücresel hizmeti, 1991 yılında, 1995 yılında Amerika Birleşik Devletleri San Diego California'da denemelere başladı, ticari IS-95 CDMA servisi Hong Kong'da başladı ve ardından dünyada birçok CDMA sistemi çalıştırıldı. Bu teknikte, iletilen sinyal, gönderilecek sinyali iletmek için gereken minimum bant genişliğinden çok daha geniş bir frekans aralığına yayılır. Kullanıcılara farklı kodlar atanır ve bu kodlar aynı kanal üzerinden aynı anda iletilir. Temel olarak, CDMA tekniği, her kullanıcıya benzersiz bir sözde rasgele kod tarafından yönetilen zaman ve frekansta bir sinyal atar (David ve Berndt, 2018). Sinyal alım aşaması, geri kalanını gürültü olarak Kabul ederken atanan kodu algılamalıdır. Şekil 10'da CDMA iş akışı sunulmaktadır.



Şekil 10. CDMA iş akışı

CDMA teknolojisinin kablosuz cep telefonu sistemlerinde kullanımı, ikinci nesil (2G) sistemlerden biri olan IS-95 standardının geliştirilmesiyle 90'lı yılların başında başlamıştır. O zamanlar ana fikir, ses hizmetlerinde AMPS standardına (Gelişmiş Cep Telefonu Sistemi) ve yalnızca 9,6 Kbps'lik düşük bir bit hızına dayanan sistemler için verimli bir alternatif bulmaktı. Ve bu başarılıydı. IS-95'in ana pazarları Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Kore idi, ardından 25 milyon aboneden oluşan geniş bir pazar yarattı. IS-95'in Kore'deki başarısı, IS-95'in 1990'ların başında uluslararası bir standart olarak benimsenmesine dayanıyordu. CDMA, en hızlı büyüyen dijital teknolojilerden biri olarak kabul edildi ve dünya çapında 50 ülke tarafından benimsendi. Ayrıca, CDMA, üçüncü nesil (3G) hücresel telefon için çoklu erişim şeması olarak seçilmiştir (Wang, Xiao ve Ping, 2006). Kullanıcının zaman ve frekans alanını kullanabileceği farklı yollar vardır ve bu aşağıdaki şekilde özetlenebilen CDMA tekniği tarafından kullanılan yayılma spektrum yöntemine bağlıdır: a) Doğrudan Sıralı: Ayrıca PN olarak da bilinir (sözde gürültü'nün) (pseudo-noise İngilizce kısaltması), bu durumda taşıyıcı sinyal, bit hızı (ayrım nedeniyle "çip" oranı olarak anılır) bilgi sinyalinin bant genişliğinden çok daha büyük olan bir dijital kod dizisi tarafından modüle edilir.: Kod Bölümlü Çoklu Erişim. 12 b) Frekans

Atlama: FH (Frequency Hopping) olarak bilinir, vericinin ve alıcının taşıyıcı frekansları düzenli aralıklarla değiştirilir, bu frekans değişikliği, frekansların kullanım sırasını belirleyen bir dizi kod tarafından yönetilir. Aslında, frekans atlama tekniğinin kendisi FSK'dır (Frequency Shift Keying, Frekans Kaydırmalı Anahtarlama). c) Zaman atlama: Bu teknikte, iletim süresini bir kod dizisi yönetir. İletim zamanlarının sırası alıcıda saklanır, söz konusu sıra iletimi izlemek için kullanılır, diğer yandan kanal göz ardı edilir. Bu teknik yalnızca askeri ortamlarda kullanılmıştır. d) Darbe FM: Bu yaklaşımda, iletilen bir darbenin taşıyıcı frekansı, belirli bir süre zarfında bir bant genişliği boyunca sürekli olarak değiştirilir. e) Hibrit Formlar: Önceden maruz bırakılan tekniklerin hibrit kombinasyonu mümkündür. En yaygın hibrit yayılı spektrum teknikleri şunlardır:

- Doğrudan Sıralı Frekans Atlama (FH-DS);
- Frekans ve zaman atlama (TFH);
- Doğrudan frekans ve zaman atlama (TH-DS);

CDMA tekniğinde bulabileceğimiz avantajlardan bazıları şunlardır:

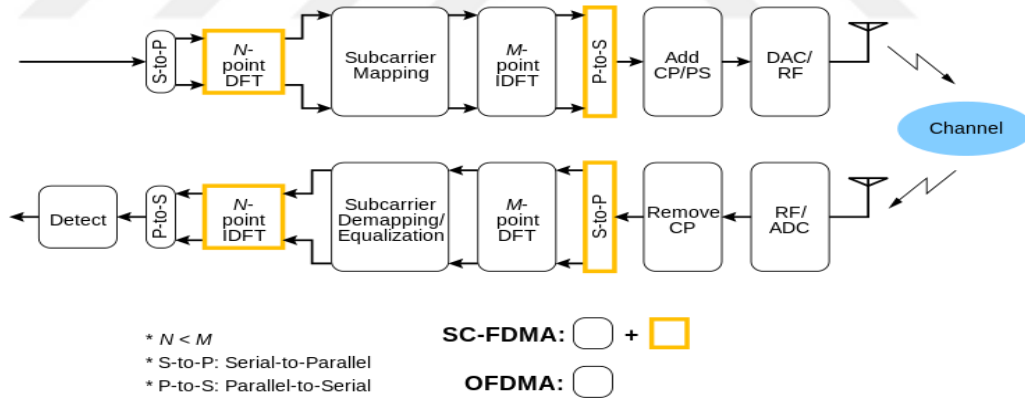
- Herhangi bir kullanıcı istediği zaman sisteme erişebilir.
- Daha fazla kapasite, güvenlik ve kapsam içerir
- Sistemdeki gürültüyü ve paraziti azaltır.
- Kullanıcının tüm bant genişliğine sahip olması mümkündür.

CDMA tekniğinde bulabileceğimiz dezavantajlardan bazıları şunlardır:

- Kullanılan donanım karmaşık ve pahalıdır.
- Ücretsiz kullanıcılar kanala erişir, bu da hizmet kalitesinin kullanıcılar için kabul edilemez bir aşamaya ulaşarak sonunda sistemin çökmesine neden olacaktır. Bu durumda, bir çağrı engelleme stratejisi benimsemek veya zorla sonlandırmak gerekli olabilir.

2.2.4. SC - FDMA

Bu teknik, aynı anda farklı kullanıcılara çoklu ortogonal erişim sağlar. SC-FDMA, kendisini karakterize eden benzersiz taşıyıcısının özelliğinden dolayı düşük zirvelere sahip sinyaller üretme özelliğine sahiptir. SC-FDMA ilk olarak kullanıcının veri akışını önceden belirlenen sayıda tekrarlar. Daha sonra söz konusu veri dizisi, kullanıcıya özgü bir faz vektörü ile çarpılır. SC-FDMA, OFDMA'nın Ayırık Fourier Dönüşümü (DFT) kullanılarak önceden kodlanmış bir versiyonu olarak düşünülebilir. OFDMA gibi, SC-FDMA, uplink üzerinde hücre içi paraziti önler, ancak, SC-FDMA, ekipmanda bulunan tüm bant genişliği üzerinden bir modülasyon sembolü iletildiğinden, frekans çeşitliliğinden de yararlanabilir. SC-FDMA kullanıcısı, OFDMA'dan daha düşük PAPR'ye (Peak-to-Average Power Ratio: Tepe Güç - Ortalama Güç Oranı) sahiptir. Bu, pil tüketimini azaltır, daha basit bir amplifikatör tasarımı gerektirir, uplink kapsamını ve hücre sınırı performansını iyileştirir. Şekil 11'de SC-CDMA ve OFDMA mekanizması gösterilmektedir.



Şekil 11. SC-CDMA ve OFDMA

2.3. Ortogonal Olmayan Erişim Şemaları

Ortogonal Olmayan Çoklu Erişim (NOMA), Ortogonal Çoklu Erişim'in (İngilizce kısaltması OMA, Orthogonal Multiple Access) aksine, güç ve kod alanı aracılığıyla sinyal süperpozisyon tekniğini kullanır. ORTOGONAL ÇOKLU ERİŞİM (OMA). FREKANS

BÖLÜMLÜ ÇOKLU ERİŞİM (FDMA). FDMA tekniği ile kullanıcılar spektrumu frekans alanında paylaşır. Bant genişliği, aralarında yeterli bir ayırma ile (koruyucu bantlar) daha düşük frekans bantlarına bölünmüştür, söz konusu ayırma, bitişik kanallar arasındaki olası 6 paraziti önlemeye yarar (David ve Berndt, 2018). FDMA, ilk nesil (1G) cep telefonu sistemlerinde kullanılan bir tekniktir. FDMA'da kullanılan modülasyon analogdur (FM ve AM) bu tekniğin işleyişi grafik olarak değerlendirilebilir. FDMA'nın temel avantajı basitliğidir, kullanıcılar arasında herhangi bir koordinasyon veya senkronizasyon gerektirmez çünkü kullanıcıların her biri kendi frekans bandını herhangi bir parazit olmadan kullanır. Bununla birlikte, bu aynı zamanda bir kayıp nedenidir, çünkü bir kullanıcı etkin olmadığında, bant genişlikleri diğer kullanıcılar tarafından kullanılamaz (Checko, Christiansen, Yan, Scolari, Kardaras, Berger ve Dittmann, 2014).

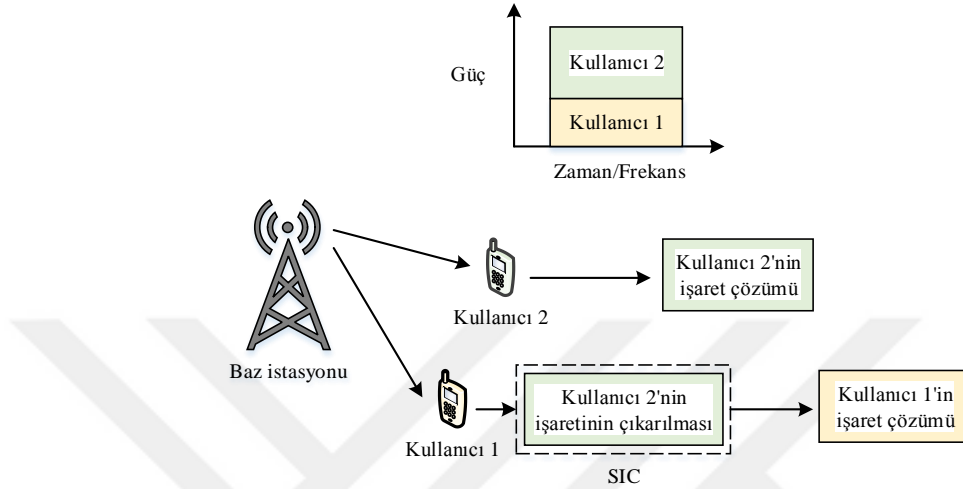
Daha önce belirtildiği gibi, NOMA, Çoklu Erişim tekniklerinin Ortogonal Olmayan sınıflandırmasına aittir. Önceki alt başlıklarda bahsedilenleri hatırlatarak, ortama erişimin ortogonal tekniklerinde, farklı kullanıcılardan gelen ve TDMA, FDMA ve OFDMA ile elde edilebilen sinyaller, birbiri üzerine yerleştirilmemişti. Daha önce bahsedilen ve Zaman, frekans ve kod alanına dayanan geleneksel Çoklu Erişim tekniklerinin aksine, NOMA, kullanıcılardan gelen farklı sinyalleri ayırt etmek için yeni bir ortogonal olmayan alanı keşfeder. Ortogonal olmayan teknikler, güç alanını, kodu vb. kullanarak kullanıcılardan gelen farklı sinyaller arasında süperpozisyona izin verir ve bu nedenle performans, ortogonal karşılığında daha iyidir. Birinci ve ikinci nesil cep telefonu sistemleri (sırasıyla FDMA ve TDMA), esas olarak hücre içi paraziti önleyen yüksek ortogonal çoklu erişim yaklaşımında geliştirildi, ancak ortogonal çoklu erişimler, hücreler arası parazite karşı savaşıma yeteneğine sahip değildi. Önümüzdeki on yıl içinde mobil iletişim hizmetlerinin sürdürülebilirliğini garanti etmeye devam etmek için, gelecekteki zorluklara yanıt verebilecek yeni teknolojik çözümler belirlenmeli ve geliştirilmelidir. NOMA gelecekteki radyo erişimleri için iyi ve umut verici bir yaklaşımdır ve hem downlink hem de uplink'e uygulanabilir (Cai vd., 2017). Güç alanı sayesinde, NOMA

aşağıda gösterildiği gibi farklı faydalar getirecek ve bunlar, bu araştırma çalışmasının 3 bölümünde detaylandırılacaktır:

- Spektrum verimliliğinin ve sistem performansının iyileştirilmesi.
- İletim antenlerini artırmanın zorunlu olmaması.
- OFDMA uyumluluğu

Mobil internetin hızlı büyümesi, bizi veri trafiğinin 500 katından fazla artışa sürüklüyor. Ek olarak, "Nesnelerin İnterneti" nin hızlı gelişimi nedeniyle, beşinci nesil (5G) cep telefonunun, düşük gecikme, cihazlarda maliyet düşürme ve çeşitli hizmet türü taleplerini karşılamak için çok büyük sayıda kullanıcı veya cihaz bağlantısını destekleyebilmesi gerekecektir. Bu bölümde Ortogonal Olmayan Çoklu Erişim'in (Non-Orthogonal Multiple Access, İngilizce kısaltması; NOMA) performansından bahsedeceğiz, sonraki bölümlerde güç alanındaki NOMA kavramından ve geçmiş nesillerde geliştirilen Geleneksel şemalarda bulunanlarla temel farkından bahsedeceğiz, daha sonra downlink ve uplink'te NOMA'nın çalışması, Ardışık Parazit İptali (SIC), MIMO-NOMA ve bu yeni teknolojinin şema ağı ile birlikte tartışılacaktır. Son olarak, NOMA'nın çeşitli avantajları ve bazı karmaşıklıklarından bahsedilecektir.

Bir önceki bölümde bahsedildiği gibi, Ortogonal Olmayan Çoklu Erişim (NOMA), Ortogonal Çoklu Erişim'den (OMA) farklı olarak, çoklu erişim tekniklerinde daha önce deneyimlenmemiş yeni bir alan arıyor. Aralarındaki paraziti önlemek için matematiksel olarak ortogonal sinyaller oluşturmak yerine, NOMA, güç veya kod alanını kullanarak kullanıcılardan gelen sinyallerin üst üste binmesini kullanır ve bu nedenle performansı, ortogonal sinyal üretme yeteneğine sahip matematiksel işlemler gerekli olmadığından ortogonal karşılığında daha iyidir. NOMA gelecekteki radyo erişimleri için iyi ve umut verici bir yaklaşımdır ve hem downlink hem de uplink'e uygulanabilir. Teoride, Ardışık Parazit Önleme'si (SIC) bulunmayan ortogonal olmayan erişim, hem uplink hem de downlink üzerinde çok kullanıcı kapasite alanına ulaşabilir. Şekil 12'de NOMA akış şeması sunulmaktadır.



Şekil 12. NOMA akış şeması

NOMA'da, farklı kullanıcılardan gelen sinyaller, daha düşük sinyal-gürültü oranına sahip kullanıcı için alıcıda kalan sinyallerin parazit olarak değerlendirilerek istenen sinyalleri tespit eden ardışık parazit önleme kullanılarak güç alanında üst üste bindirilir, yüksek sinyal-gürültü oranına sahip kullanıcı için, düşük sinyal-gürültü oranına sahip sinyaller ICS tarafından kaldırılır, bu şekilde istenen sinyal kabul edilebilir bir sinyal-gürültü oranı ile tespit edilir (David ve Berndt, 2018). Bu süreç açık bir şekilde anlatılacaktır. NOMA, bir asimetrik kanal kazancı ile UE'leri (User Equipments, Kullanıcı Ekipmanları) seçerek ve bunları aynı zamanda ve frekans değerlerinde çoklayarak çalışır. Bir UE'ye atanan güç oranı, aynı kanalın koşullarına bağlı olacaktır, yani kanal kazancı ne kadar düşükse, güç oranı UE'ye o kadar yüksek atanacaktır.

NOMA, dördüncü nesil hücresel teknolojide henüz yararlanılmamış yeni bir boyut olan güç alanının kullanımı sayesinde spektrum verimliliğini ve sistem kapasitesini iyileştirmek için temel bir teknolojidir ve bu, aşağıdakiler dahil beraberinde birçok fayda getirebilir:

- Yüksek mobilite senaryolarında yüksek kazanç performansı.

- İletim antenlerini artırmak gerekli değildir: Maliyetler ve sınırlı alanlar açısından yeni ağları uygulamak bugünlerde son derece önemlidir.

- OFDMA uyumluluğu: NOMA, downlink için OFDMA'nın üzerine kolayca uygulanabilir.

- Çoklu anten teknolojisi ile iyi benzeşme: NOMA, hüzmeleme (Beamforming) ve SU / MU MIMO (tek kullanıcı / çok kullanıcıli çoklu giriş çoklu çıkış) gibi tekniklerle kolayca birleştirilebilir.

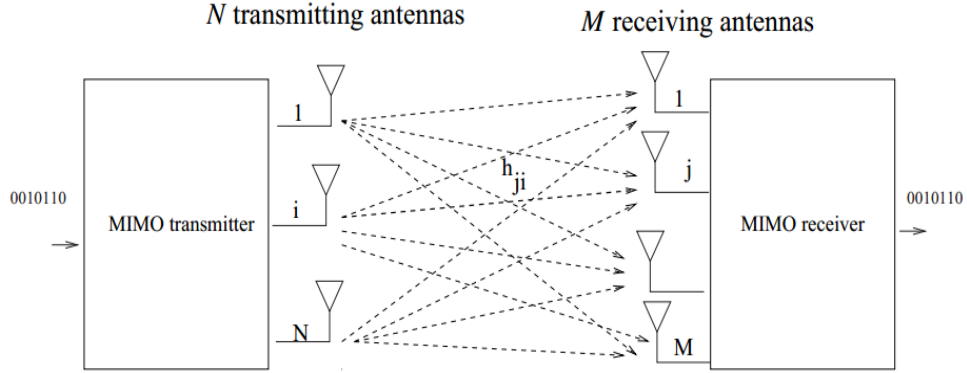
2.3.1. Ardışık Parazitlerin Önlenmesi (Cancellation Of Successive Interferences CSI)

Baz istasyonuna en yakın kullanıcının düşük bir sinyal-gürültü oranına sahip olduğunu göz önünde bulundurarak uydu-yer bağı alıcı ekipmanında, 2.inci kullanıcı sinyalini tespit eden ardışık parazit önleme (SIC) gereklidir ve ardından paraziti ortadan kaldırmak için ardışık parazit önleme yapılır. NOMA şemasındaki sinyallerin tespitinde kullanılacak iki tip alıcı bulabiliriz, sembol seviyesine göre SIC Alıcısı (symbol-level SIC receiver; İngilizce çevirisi) ve kod-kelime seviyesine göre SIC Alıcısı (codeword-level SIC receiver, İngilizce çevirisi), aralarındaki temel fark, kod kelime düzeyinde SIC'de var olan fakat sembol düzeyinde SIC'de bulunmayan yeniden kodlama ve kanal kodlamasıdır. Sembol seviyesine göre SIC alıcısı: Sembol seviyesine göre SIC alıcısında, hücre sınırında bulunan kullanıcı sinyali daha sonra bir replika üretmek için demodüle edilir, yani kanal kod çözme yoktur. Bundan sonra, hücrenin kenarında bulunan kullanıcılardan gelen paraziti önleme ve hücrenin merkezinde bulunan kullanıcıdan gelen sinyalin tespiti amacıyla SINR'yi iyileştirmek için ardışık parazit önleme gerçekleştirilir (Zou, Zhu, Wang ve Hanzo, 2016). Kod kelime seviyesi SIC alıcısı: Kod kelime seviyesi SIC alıcısında, hücrenin kenarındaki kullanıcı sinyali (sembol seviyesi SIC'de olduğu gibi sadece demodüle edilmek yerine) demodüle edilir ve kodu çözülür. Bundan sonra, hücrenin kenarında bulunan kullanıcı bilgisi bitleri, yeniden kodlanır, yeniden modüle edilir ve

alınan sinyal tarafından iptal edilir. Kanal kod çözme, sinyal tespitinde gerçekleştirildiğinden, hücrenin kenarında bulunan kullanıcıdan sinyalin başarılı bir şekilde geri kazanılma olasılığı sembol seviyesine SIC ile karşılaştırsak önemli ölçüde daha yüksektir. Bu nedenle, hata yayılımının etkisi, kelime kodu seviyesi başına ICS üzerinde büyük ölçüde azaltılabilir. Öte yandan, yeniden kodlama ve kod çözme karmaşıktır ve simge düzeyi başına SIC ile karşılaştırıldığında gecikme tespit süresini artırır.

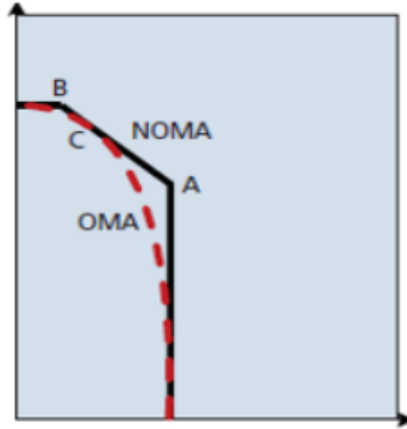
2.3.2. MIMO Desteği

MIMO (çoklu giriş ve çoklu çıkış), LTE / Gelişmiş- LTE'de spektral verimliliği artırmak için kullanılan anahtar teknolojilerden biridir. Bu teknik, birden çok kullanıcı (MU-MIMO, multiple user MIMO) ve tek kullanıcı (SU-MIMO, single user MIMO) olarak sınıflandırılabilir. MU-MIMO'da birden fazla kullanıcı için veri iletimi oluşturulurken, SU-MIMO'da veri iletiminde yalnızca bir kullanıcı oluşturulur. MIMO teknolojisi işleyişini uzamsal alana dayandırdığı ve NOMA bunu güç alanında yaptığı için, her iki teknoloji de spektral verimlilikte daha iyi performans için birleştirilebilir. NOMA ve MIMO'yu birleştirmek için iki ana yaklaşım vardır. Bunlardan biri, çoklu uzamsal hüzmeler (beam) oluşturmak için MU-MIMO tekniğini kullanmak ve her bir hüzmeye NOMA uygulamaktır. Diğer yaklaşım çalışmasını, birden çok güç seviyesi yaratmak ve bunları her güç seviyesinde SU-MIMO ve / veya MU-MIMO ile uygulamak için NOMA tekniğini kullanmaya dayandırır (Zeng, Yadav, Dobre, Tsiropoulos ve Poor, 2017). Şekil 13'da temel bir MIMO sistemi gösterilmektedir.



Şekil 13. Temel MIMO şeması

Spektral verimlilik iyileştirmesi: Aşağıdaki şekil 14, iki kullanıcının eklemeli beyaz Gauss gürültüsü (Additive White Gaussian Noise, İngilizce kısaltması; AWGN) içeren bir kanalda örnek olarak kabul edildiği OMA ve NOMA şemaları arasındaki kanal kapasitesinin karşılaştırmasını göstermektedir. Yukarı bağlantıdaki NOMA'nın kanal kapasitesine ulaşabildiğini gösterirken, OMA şemaları genellikle C noktası dışında yetersizdir, ancak, bu optimal noktada, kullanıcılardan alınan yetkiler arasındaki fark önemli olduğundan kullanıcının performans adaleti oldukça zayıftır (Islam, Avazov, Dobre ve Kwak, 2017). Şekil 14'de NOMA – OMA karşılaştırılması sunulmaktadır.



Şekil 14. NOMA – OMA Karşılaştırması

Toplu Bağlantı: Ortogonal olmayan sistemlerde kaynak tahsisi, desteklenen kullanıcıların veya cihazların sayısının mevcut kaynakların miktarıyla kesin olarak sınırlı olmadığını göstermektedir, bu nedenle NOMA, kaynak (ortogonal olmayan kaynaklar) tahsisini kullanarak önemli ölçüde daha fazla kullanıcıyı barındırabilir (Dai, Wang, Yuan, Han, Chih-Lin ve Wang, 2015). İletimde düşük gecikme ve yüksek sinyalleşme maliyeti: Geleneksel OMA şemasında, bir kullanıcının önce baz istasyonuna bir zamanlama (Scheduling) talebi göndermesi gerekir. Daha sonra alınan talebe bağlı olarak baz istasyonu uplink üzerinde iletimi planlar ve downlink kanalı üzerinde bir onay mesajı gönderir. Bu süreç, büyük bağlantı senaryolarında daha kötü ve hatta kabul edilemez hale gelen sinyalizasyonda çok fazla gecikme ve maliyete neden olmaktadır. Öte yandan, bu tür dinamik zamanlama, NOMA ile uplink iletiminde gerekli değildir, bu gecikmede ve sinyalleme maliyetinde önemli bir azalmaya yol açar.

2.3.3. Uygulamadaki Sorunlar

Karmaşık Kod Çözme: SIC kullanılarak sinyallerin kodunun çözülmesi, alıcının kendi bilgilerinin kodunu çözmeden önce diğer kullanıcıların bilgilerinin kodunu çözmesi gerektiğinden, ortogonal şemalara kıyasla ek bir karmaşık uygulama gerektirir. Ayrıca, ilgili hücredeki kullanıcı sayısı arttıkça bu karmaşıklık artar. Bununla birlikte, kullanıcılar, her kümenin kötü kanallara sahip daha az sayıda kullanıcı içerdiği birkaç grupta kümelenebilir (Dai vd., 2015). Tablo 1’de NOMA sistemleri üzerine çalışmalar karşılaştırılmıştır.

- Sınırlı sayıda kullanıcı çifti: NOMA tekniği, faydalarını sunmak için güç etki alanında çoklama avantajlarından yararlanır. Daha spesifik olarak, bir hücrenin kenarında bulunan bir kullanıcıyı hücrenin merkezinde bulunan bir kullanıcıyla eşleştirmek için yayılma kaybında yaklaşık 8dB’lik bir fark gereklidir. Bu nedenle, bir NOMA şemasındaki olası kullanıcı çifti sayısı sınırlıdır, bu da sonuçta NOMA’nın kapasitesini azaltmaktadır. Kullanıcı çiftlerinin sayısını artıran uygun sinyal ve kod çözme stratejisinin bulunması çok önemli bir problemdir (Dai vd., 2015).

- Güç tahsisindeki karmaşıklık: Bir kullanıcının elde edilebilir performansı, aynı kullanıcının iletim gücü paylaşımından etkilenir. Bu özel güç tahsisi, NOMA'nın temeli güç alanında çoklama olduğundan, aynı zamanda diğer kullanıcıların elde edilebilir kapasitesini de etkiler (Checko vd., 2014).

- Nicleme hatası: Alınan kullanıcı sinyal gücü değişken olduğunda, analogdan dijitale dönüştürücünün (ADC) geniş bir giriş voltajı aralığını desteklemesi gerekir ve zayıf bir sinyali doğru bir şekilde ölçmek için yüksek çözünürlük gerektirir. ADC'deki nicleme seviyelerinin sayısı ne kadar yüksekse, gürültü gücü nicleme o kadar düşük olur. Ancak, maliyeti, dönüştürme süresi ve donanımdaki karmaşıklığı nedeniyle ADC'nin yüksek çözünürlüğünde bir sınırlama vardır (Dai vd., 2015).

Tablo 1. NOMA şemaları araştırması

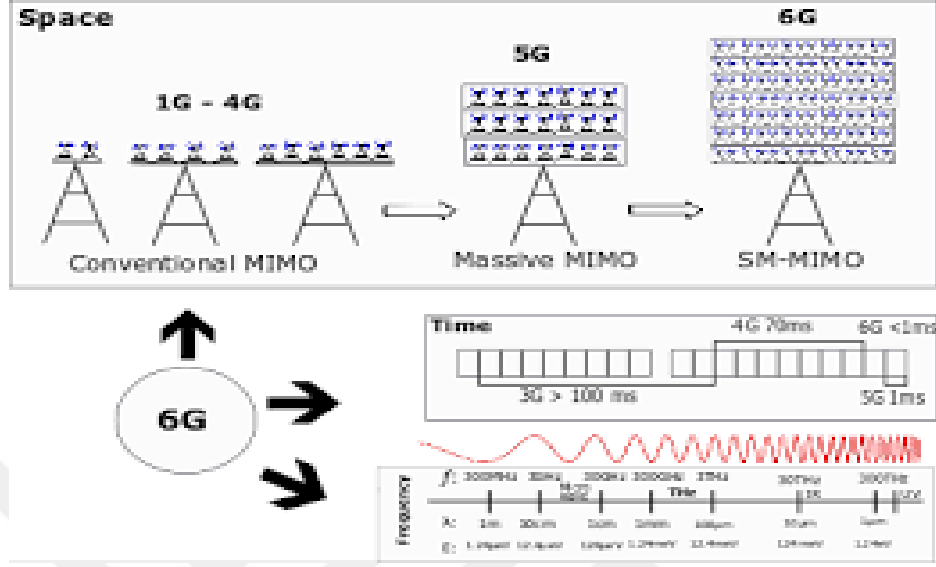
No	NOMA şemaları	şirket	Tam form	Uplink (UL)/ Downlink (DL)
1	Power-domain NOMA	DCM	Power-domain non-orthogonal multiple access	UL/DL
2	SCMA	Huawei	Sparce code multiple access	UL/DL
3	PDMA	CATT	Pattern division multiple access	UL/DL
4	MUSA	ZTE	Multi-user shared access	UL/DL
5	LSSA	ETRI	Low code rate and signature based shared access	UL
6	RSMA	Qualcomm	Resource spread multiple access	UL
7	IGMA	Samsung	Inter-leave grid multiple access	UL/DL
8	IDMA	Nokia	Interleaver division multiple access	UL
9	NCMA	LGE	Non-orthogonal coded multiple access	UL
10	NOCA	Nokia	Non-orthogonal coded access	UL
11	GOCA	MTK	Group orthganl multiple access	UL
12	RDMA	MTK	Repetition division multiple access	UL
13	LDS-SVE	Fujitsu	Low density spreadig-signature vector extension	UL/DL
14	FDS	Intel	Frequency domain spreading	UL
15	LCRS	Intel	Low code rate spreading	UL

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YENİ NESİL HABERLEŞME SİSTEMLERİ İÇİN ÇOKLU ERİŞİM TEKNİKLERİ

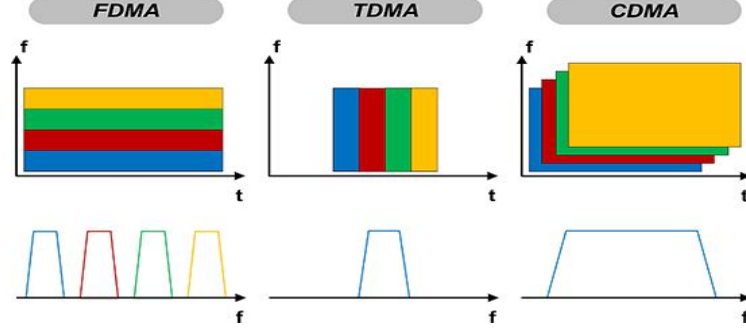
3.1. Giriş

Zamanla kablosuz teknolojilerin kullanımı, yerini şu anda dördüncü nesli olan Uzun Süreli Evrim (Long Term Evolution; LTE) adı verilen ve yüksek mobiliteye sahip ortamlarda 100 Mbps'ye kadar hızlar sunan mobil iletişimlere bıraktı. Bu istikrarlı ilerleme, daha kaliteli hizmetlerle daha fazla sayıda cihaza hizmet verebilecek beşinci nesil mobil iletişimde birleşecektir (David ve Berndt, 2018). Yeni nesil haberleşme sistemlerin'de amaç ağı yoğunlaştırmaktır bunun için mevcut tüm bant genişliğinin kullanılması için radyo spektrumunun kullanımını iyileştirmek önemlidir. Şimdiye kadar ortogonal modülasyonların kullanımı bize spektrumun kabul edilebilir bir şekilde kanalize edilmesini sağlamış, OFDMA çoklu erişim, 4G'de kullanılan erişimdir ve IMT-Advanced standardı tarafından önerilen beklentileri karşılamıştır, gelecek nesil mobil iletişim, elektromanyetik spektrumdan, önerilen hedeflere lansmanından önce ulaşılacak şekilde daha iyi bir şekilde yararlanmayı amaçlamaktadır, bu nedenle, Yeni nesil haberleşme sistemleri'nin iletim gereksinimlerini karşılamak için yeni modülasyon ve çoklu erişim şemaları önerilmiştir; Ortama erişim için filtreler ve ortogonal olmayan teknolojilere dayalı, bilgiyi vericiden mobil cihaza taşıyabilecek adaylar olarak tasarlanan modülasyonlar, yüksek frekansların (milimetre dalgalar) ve çok büyük Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (MIMO massive) teknolojilerinin kullanımı önerilmiştir (Wei, Yuan, Ng, Elkashlan ve Ding, 2016). Şekil 15'de 1G, 2G, 3G, 4G, 5G ve 6G arasındaki farklar gösterilmektedir.



Şekil 15. 1G, 2G, 3G, 4G, 5G ve 6G arasındaki fark (Tabassum, Hossain ve Hossain, 2017).

Yeni nesil haberleşme sistemleri için modülasyon ve çoklu erişim açısından en uygun profilin net sonuçlarının elde edilebilmesi için, yeni erişim teknolojilerinin karşılaştırılması gerekecek, ortam, modülasyon şemasının en uygun profiline ve beşinci nesil mobil iletişim için çoklu erişimin ne olacağını anlamamızı sağlayacaktır. Üçüncü hedefte önerilen şemaların karşılaştırılması, bu araştırma dokümanının modülasyon ve çoklu erişim konusunda bir referans çerçevesi olma olasılığını ortaya çıkaracaktır. En çok profilli şemalar şunlardır: OFDM, Filtre Bankası Çoklu Taşıyıcı (Filtered Bank MultiCarrier; FBMC) Filtreli OFDM, Evrensel Filtreli Çoklu Taşıyıcı (Universal filtered multicarrier) (Tabassum vd., 2017). Şekil 16’de TDMA, FDMA ve CDMA arasındaki farklılıklar gösterilmektedir.



Şekil 16. TDMA, FDMA ve CDMA arasındaki farklılıklar (Zou vd., 2016).

(UFMC) ve Ağırlıklı Örtüşme ve Ekleme bazlı OFDM (WOLA) [OFDM poisoned]. Çoklu erişim ile ilgili olarak, OFDMA, ortogonal olmayan ortam erişimi için yeni teknolojiler olarak karşılaştırılacaktır. Bu değerlendirme, spektral yoğunluk, enerji verimliliği ve iletim gecikmesi gibi temel parametrelerin grafiklerinin analiz edildiği simülasyonların sonuçlarında sunulmuştur; bu sonuçlar, belirli senaryolar için en iyi performansı sunan şemanın hangisi olduğunu ayırt etmek için gerekli bilgileri sağlar, bu yolla, yeni kablosuz iletişim sisteminin uygulanması için en uygun adayın hangisi olduğunu öngörebiliriz (Zou vd., 2016).

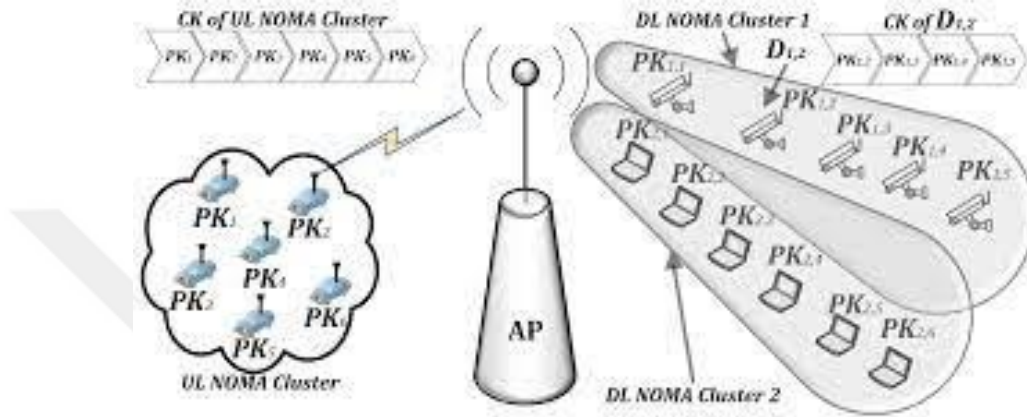
NOMA ve OFDMA iletişim sistemlerinin simülasyonu, işlevlerin detaylandırılması ve MATLAB iletişim kütüphanesinden algoritmaların uygulanması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Sistem, beyaz Gauss gürültüsünün (AWGN) eklenmesiyle kablosuz bir kanal aracılığıyla NOMA ve OFDMA için bir iletim ve alım sisteminden oluşur. NOMA için, UL ve LL katmanı için bağımsız rastgele veriler üretilmiş, orijinal veri, her simülasyondaki ilgili katmanların kodlama oranları dikkate alınarak kodlanmıştır. UL katmanı durumunda, bir QPSK modülasyonu ile 4/5 ve 9/10 kodlama oranları kullanılırken, LL katmanında, 16-QAM modülasyonu ile 1/3 ve 2/5 kodlama oranları kullanılmıştır. LL katmanına, alt katmanın güç seviyesini belirleyen bir enjeksiyon faktörü (g) uygulanmıştır. (LL) üst katmana (UL) göre, 0 ile 1 arasında ondalık değerler arasında değişebilir. Daha sonra, OFDMA sembolü, AWGN kanalı üzerinde iletilmek üzere

oluşturulur ve ardından, iletim aşamasının aynı kodlama ve modülasyon parametrelerini kullanarak sinyali bir OFDM sembolü olarak alır. Her katmanın bilgisinin kurtarılması için alıcıda farklı karmaşıklık olduğu, yani her katmandan elde edilen bilgiyi elde etmek için farklı işlemlerin gerçekleştirildiği dikkate alınmalıdır. UL katmanında, OFDMA alıcı sinyali kullanılır ve katman bilgisini elde etmek için demodüle edilir ve işlemde alt katman gürültü olarak ele alınarak kodu çözülür. LL katmanında, depolanmış sinyali iptal etmek ve LL katmanından karşılık gelen bilgiyi elde etmek için kodlanmış ve modüle edilmiş UL katmanının bilgisini kullanarak OFDMA alıcı sinyalinin bir Tampon bellekte depolanması gereklidir. OFDMA için benzer bir işlem uygulanır ve iki simülasyon kullanılarak analiz edilir. Sunulan eğrileri elde etmek için 1000 iterasyon gerçekleştirerek, NOMA iletişim sistemi ve ilgili katmanları ile ilgili karşılaştırmaları yapmak için, UL katmanının parametreleriyle birinci durum ve LL katmanının parametreleriyle ikinci durum uygulanır. Grafiklerin analizi, parametre kombinasyonlarının her birinde gözlemlenen davranışa dayalı olarak gerçekleştirildi.

3.2. Delta Ortogonal Çoklu Erişim D-OMA

5G çoklu erişim şemalarındaki önceki yöntemlerin aksine, Yeni nesil haberleşme sistemleri ile ilgili yabancı tartışmalar, belirli bir teknoloji veya stratejinin araştırılmasına daha fazla önem verir, ve referansları 5G ile karşılaştırıldığında yeni nesil haberleşme sistemleri'nin hücreleştirilmiş iletişim ağı mimarisini analiz eden ve 5G için kullanılan orijinal NOMA (ortogonal olmayan çoklu erişim) temelinde geliştirilmiş ve yeni nesil haberleşme sistemleri için uygun yeni bir tür öneren birkaç inceleme yazısı vardır. Çoklu erişim yöntemi D-OMA (Delta-ortogonal çoklu erişim, Delta orthogonal multiple access) ve yeni nesil haberleşme sistemleri ağlarında D-OMA'nın uygulanabilirliği ve güvenliği analiz edilmektedir. Referans belgeler, 5G'den 6G'ye kadar teknolojik gelişme, yapısal evrim ve ekonomik faydaları tartışmakta ve ardından Hava-uzay-yer entegre yeni nesil haberleşme sistemleri kablosuz iletişim ağından oluşan düşük yörüngeli uydu (LEO; low-

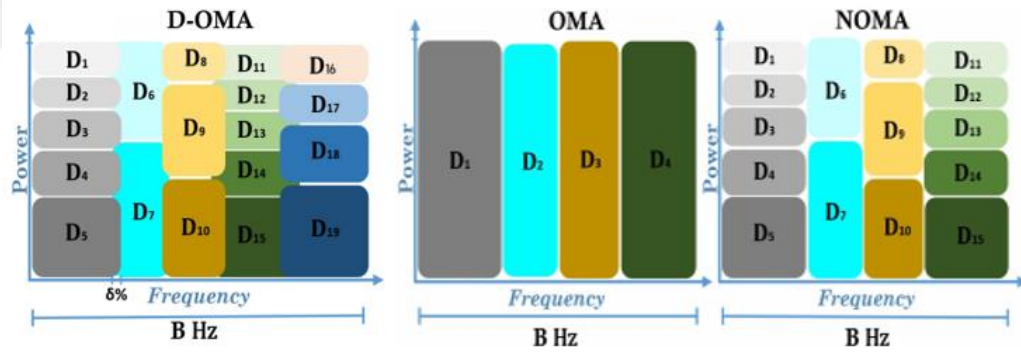
orbit satellite) ve sabit yörünge uydusu (GEO; geostationary-orbit satellite) önermektedir. Şekil 17’de NOMA küme AP’ler sunulmaktadır.



Şekil 17. NOMA küme AP'leri

Yukarıda ifade edildiği gibi, uç cihazlardaki yüksek öngörülemezlik ve genişleyen kuvvet kullanımı devasa kapsama sistemindeki bant içi NOMA gruplarının gönderilmesini engelleyen iki önemli engeldir. Bu nedenle burada, yeni bir devasa OMA taslağı, özellikle bu iki sorunu ele alan delta-simetrik çeşitli erişim (D-OMA) önermeye ihtiyaç vardı, ve bu doğrultuda yeni nesil haberleşme sistemleri organizasyon mühendisliği ve ön koşullar için makul olacaktır. D-OMA'da, komşu tekrarlama gruplarına sahip çeşitli NOMA gruplarının, en büyük dağıtılan alt bantlarının yüzde δ ölçüsünü kapsamasına izin veriyoruz. (örneğin $\delta = 0$, alışılmış kuvvet alanı NOMA ile bağlıdır). NOMA gruplarını kapsayarak sunulan ICI'yi telafi etmek için, NOMA kümesinin boyutu, örtücü olmayan korkunç bant içi NOMA kümeleme kullanıldığında INI ve ICI'nin genel bütününün INI tahmini ile pratikte aynı kaldığı nihai hedefle küçültülebilir. Benzer şekilde, başka bir dünyaya ait yeterlilik, Şekil 18 D-OMA grafiğinin örneğini gerçekleştirdi. Bant içi NOMA kümesi, genel aralıkta paylaşılan eşdeğerlerin içine daha fazla küme dahil edilerek tutulmaktadır. Eş zamanlı olarak, karmaşıklık derecesi farklı NOMA gruplarının kapsamını azaltarak daha fazlasını

gerektirir, geçmişte olduğu gibi eşdeğer yürütme önkoşulları sürdürülürken çeşitli NOMA uçbirim aygıtlarında güç kullanımı tamamen azaltılacaktır. Genel anlamda, NOMA grupları (δ) arasındaki örtme seviyesi, NOMA aygıtları için aynı kapasite dağılımları gibi ideal gruplamayı başaran dünya çapında modernizasyon sorununda yapı sınırı olarak kabul edilir. İleri sürülen komploya göre, belirli bir NOMA grubu içindeki m'inci aygıttaki iletim hızı ile verilir. Ayrıca Tablo 2’de 1G-5G genel karşılaştırmaları verilmektedir.



Şekil 18. D-OMA, NOMA ve OMA frekansları

Tablo 2. 1G-5G Genel Karşılaştırmaları

Nesil	MAS	Uygulama	Frekans	Çekirdek Tasarım	Bant genişliği	Avantaj	Dezavantaj
1G	FDMA	AMPS	30 KHZ	PSTN	2.4 Kbps	Veri ve sesli aramalarda gizlilik ve güvenlik	Sınırlı kapasite
2G	TDMA	GSA	1.8 Ghz	PSTN	64 Kbps	SMS ve MMS gibi etkinleştirilmiş hizmetler (Multimedya Mesajı)	Herhangi bir alanda şebeke kapsama alanı yoksa dijital sinyaller zayıf olabilir
3G	CDMA	UMTS	1.6 – 2 Ghz	Packet network	2 Mbps	3G İnternet, cep telefonunun GPS navigasyon cihazı olarak kullanılmasına izin verir	3G aktarımının frekansı farklıdır, bu da her baz istasyonda hücreyel hizmet sağlayıcısının pahalı olabilen doğru yapılandırılmayı kurması gerektiğini gösterir
4G	OFDM A	LTE	2 – 8 Ghz	İnternet	200 Mbps	4G ağları, kullanıcıların ziyaret ettiği her bölgedeki erişim noktalarına güvenmelerini sağlayan WiFi gibi diğer ağlardan çok daha fazla kapsama alanına sahiptir.	4G mobil ağlar için birden fazla anten ve verici kullanılır. Bu nedenle, tüketiciler bu ağ üzerindeyken mobil cihazlarında çok daha düşük pil ömürü yaşayabilir.
5G	NOMA – RSMA	MIMO, mm Waves	3 – 30 Ghz	İnternet	1Gbps	Yüksek çözünürlük ve çift yönlü geniş bant genişliği şekillendirme	Henüz aşılması gerekten güvenlik ve gizlilik sorunları

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

PERFORMANS ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRMALAR

4.1. Giriş

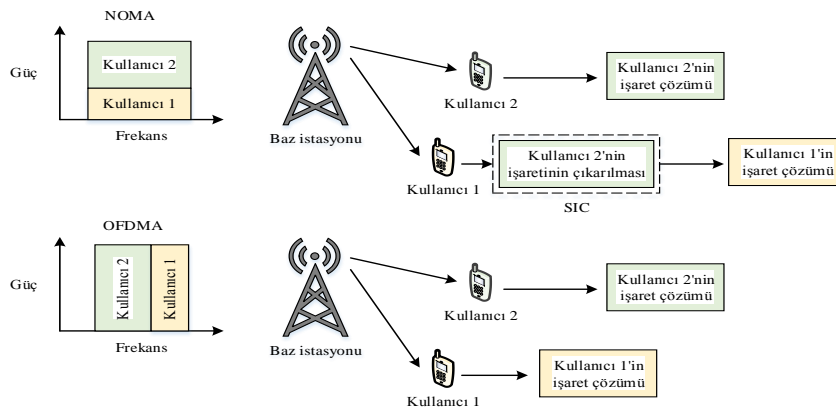
NOMA ve OFDMA iletişim sistemlerinin simülasyonu, işlevlerin detaylandırılması ve MATLAB iletişim kütüphanesinden algoritmaların uygulanması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Sistem beyaz Gauss gürültüsünün (AWGN) eklenmesiyle kablosuz bir kanal aracılığıyla NOMA ve OFDMA için bir iletim ve alım sisteminden oluşur. NOMA için UL ve LL katmanı için bağımsız rastgele veriler üretilmiş orijinal veri, her simülasyondaki ilgili katmanların kodlama oranları dikkate alınarak kodlanmıştır. UL katmanı durumunda bir QPSK modülasyonu ile 4/5 ve 9/10 kodlama oranları kullanılırken, LL katmanında, 16-QAM modülasyonu ile 1/3 ve 2/5 kodlama oranları kullanılmıştır. LL katmanına, alt katmanın güç seviyesini belirleyen bir enjeksiyon faktörü (g) uygulanmıştır. (LL) üst katmana (UL) göre, 0 ile 1 arasında ondalık değerler arasında değişebilir. Daha sonra, OFDMA sembolü, AWGN kanalı üzerinde iletmek üzere oluşturulur ve ardından, iletim aşamasının aynı kodlama ve modülasyon parametrelerini kullanarak sinyali bir OFDM sembolü olarak alır. Her katmanın bilgisinin kurtarılması için alıcıda farklı karmaşıklık olduğu, yani her katmandan elde edilen bilgiyi elde etmek için farklı işlemlerin gerçekleştirildiği dikkate alınmalıdır. UL katmanında, OFDMA alıcı sinyali kullanılır ve katman bilgisini elde etmek için demodüle edilir ve işlemde alt katman gürültü olarak ele alınarak kodu çözülür. LL katmanında, depolanmış sinyali iptal etmek ve LL katmanından karşılık gelen bilgiyi elde etmek için kodlanmış ve modüle edilmiş UL katmanının bilgisini kullanarak OFDMA alıcı sinyalinin bir Tampon bellekte depolanması gereklidir. OFDMA için benzer bir işlem uygulanır ve iki simülasyon kullanılarak analiz edilir. Sunulan eğrileri elde etmek için 1000 iterasyon gerçekleştirerek, NOMA iletişim sistemi ve ilgili katmanları ile ilgili karşılaştırmaları yapmak için, UL katmanının parametreleriyle birinci durum ve LL katmanının parametreleriyle ikinci durum uygulanır. Grafiklerin analizi, parametre

kombinasyonlarının her birinde gözlemlenen davranışa dayalı olarak gerçekleştirildi, BS i-inci kullanıcının sinyalini algılar, önce j-th ($j < i$) kullanıcının sinyalini kodunu çözer, ve sonra ($i - 1$) kullanıcıların sinyallerini y gözleminden kaldırır. Geriye kalan ($K - i$) sinyaller parazit olarak kabul edilir. K kullanıcılarını destekleyen bir AWGN kanalının uplink bağlantısında ($K \geq 2$ 'den büyük olabilir), burada W bant genişliği, P_i iletilen güç ve N_0 , Gauss gürültüsünün güç spektral yoğunluğudur. Daha özel olarak, Tse ve Viswanath'ın öncü katkısında bulunan kapasite analizine göre, çoklu erişim kanalının kapasitesi formüle edilebilir. Sonuç olarak, i-inci kullanıcının ulaşılabilir veri hızı şu hale gelir:

$$R_i = W \log \left(1 + \frac{p_i |h_i|^2}{N_0 W + \sum_{j=i+1}^K |h_j|^2 p_j} \right) \quad (5)$$

4.2. NOMA - OFDMA Karşılaştırması

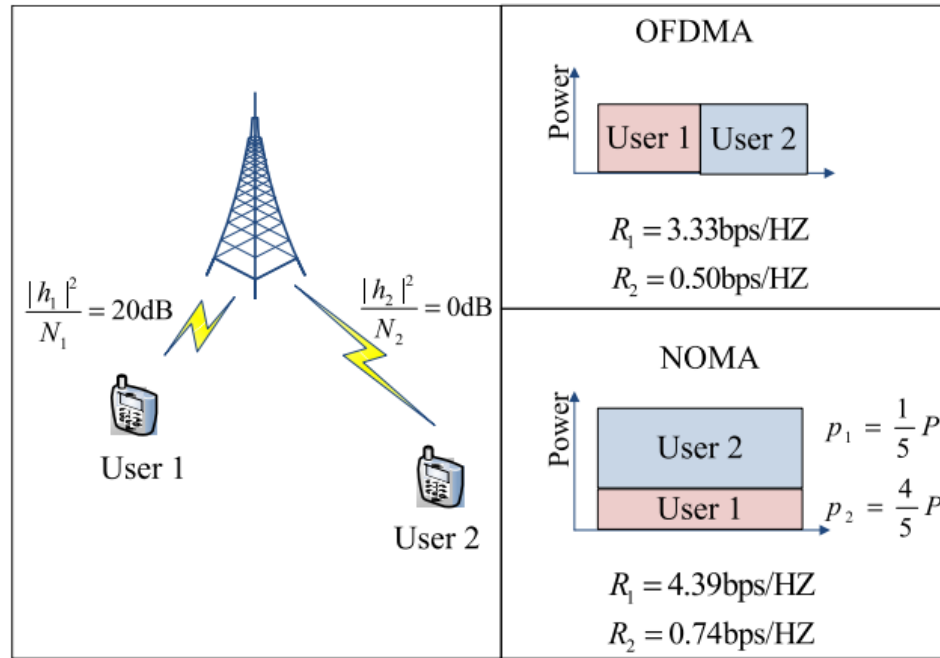
Simüle edilen ve önceden değerlendirilen tüm şemalar ortogonal davranışlar sunar ve yürütülen simülasyon, tüm modülasyon sürecine karşılık gelir, başka bir deyişle, önceden değerlendirilen rakamlar aynı zamanda çoklu erişim davranışını değerlendirmeye de hizmet edecektir, ancak 5G'ye giden yolunda, farklı varyantlarında ortogonal olmayan sistemler olan ortama erişim için yeni bir teknoloji de önerilmiştir. Şekil 19'de NOMA ve OFDMA karşılaştırılması gösterilmektedir.



Şekil 19. NOMA'ya karşı OFDMA

Şu anda 5G için kullanılmakta olan ortama erişim teknolojisi, OFDMA olarak adlandırılan OFDM'nin çoklu erişim çeşididir, bu nedenle aşağıdaki grafikler, ortogonal sistemlerle ortogonal olmayan sistemlerin farklılaşmasını gözlemlemek için NOMA ve OFDMA arasında bir karşılaştırma oluşturur, ve biz, $|h_1|^2 / N_1 \geq |h_2|^2 / N_2 \geq \dots \geq |h_k|^2 / N_k$ ve azalan sıraya dayalı bir güç tahsisi $P_1 \leq P_2 \leq \dots \leq P_K$ düşünülebileceğini varsayıyoruz. Parazit yapan sinyallerin kusursuz bir şekilde hatasız olarak çözüldüğü varsayıldığında, elde edilebilir i kullanıcı sayısı ($i = 1, 2, \dots, K$) şu şekilde yazılabilir:

$$R_i = W \log \left(1 + \frac{p_i |h_i|^2}{N_i W + \left(\sum_{j=i}^{K-1} p_j \right) |h_i|^2} \right) \quad (6)$$



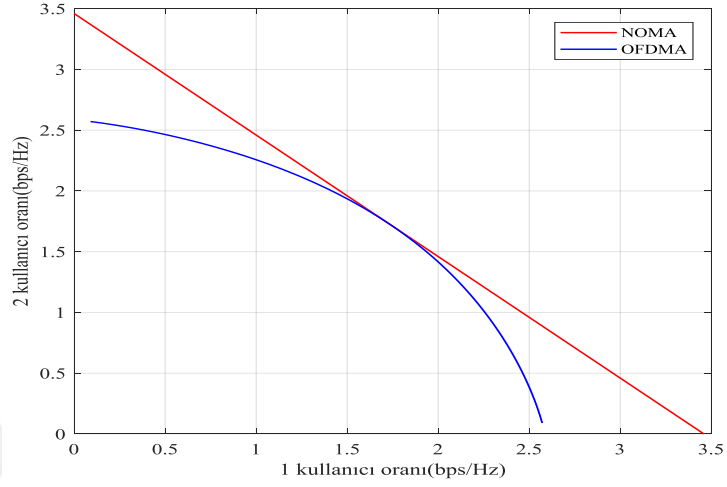
Şekil 20. NOMA- OFDMA Karşılaştırması

Şekil 20'de NOMA ve OFDMA karşılaştırılması sunulmaktadır. Bu grafiklerde çoklu erişim oldukları için kullanıcıların sahip oldukları spektrum kullanımına atıfta bulunulduğu unutulmamalıdır. NOMA spektrumunun daha iyi kullanımı gözlemlenebilir.

Bu çoklu erişim şemasına sahip iki kullanıcı için, simetrik ortamlarda olduğu sürece, yani her iki kullanıcının iletimi için parametrelerin benzer özellikler sergilediği sürece, daha iyi bir bps / Hz ilişkisi atanır. Bu durumda, NOMA tarafından sunulan eğri, kaynak tahsisi açısından görünüşte daha doğrudur, ancak NOMA tarafından sunulan büyük sorun, simetrik olmayan ortamlardaki uygulamalardır. Coğrafi konumları, iletim güç seviyeleri veya kullanılan kodlama nedeniyle belirli kullanıcılar için bir işlem ek yükü gerektirdiğinden. NOMA ve OFDMA karşılaştırmaları, kullanıcı başına bit hızı ve spektrum verimliliği için Sırasıyla Şekil 21 ve 22’te gösterilmektedir. Tablo 3, Şekil 21 ve 22’teki simülasyon parametre değerlerini içerir.

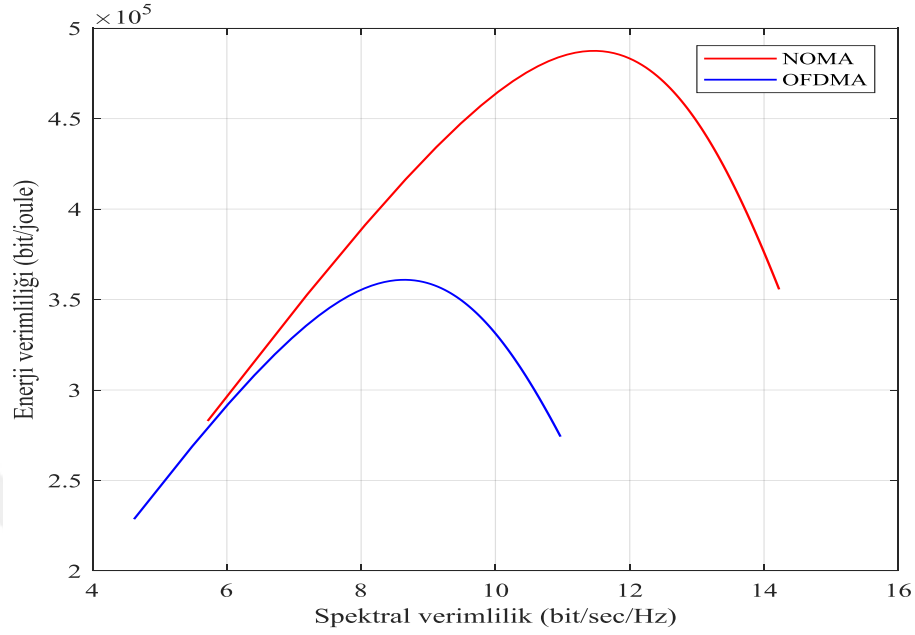
Tablo 3. Şekiller 21 ve 22 için simülasyon parametreleri

1 Kullanıcı için Kazanç	10
2 Kullanıcı için Kazanç	10
Maksimum kullanıcı sayısı	56
Bit / HZ cinsinden ölçülen maksimum spektral verimlilik	600
Sayım	2
Her bir kullanıcının ulaşılabilir spektrumu	$K=7$
İki kullanıcı NOMA kullanılarak her kullanıcının elde edilebilir oranı normalleştirilmiş karşılığı	$K = 2$



Şekil 21. Kullanıcı başına bit oranı (NOMA ve OFDMA)

ortogonal çoklu erişim OFDMA ve NOMA ortogonal olmayan çoklu erişim arasındaki farkı görebiliriz, bu çoklu erişim şemasına sahip iki kullanıcı için NOMA spektrumunun daha iyi kullanımı gözlemlenebilir, şöyle ki; simetrik ortamlarda olduğu sürece bunlara daha iyi bir bps / Hz ilişkisi atanır, yani her iki kullanıcının iletimi için parametreler benzer özellikler gösterir. Bu durumda, NOMA tarafından sunulan eğri, kaynak tahsisi açısından görünüşte daha doğrudur, ancak NOMA tarafından sunulan en büyük sorun, coğrafi konumları, iletim güç seviyeleri veya kullanılan kodlama nedeniyle belirli kullanıcılar için bir işlem ek yükü gerektirdiğinden simetrik olmayan ortamlardaki uygulamalardır.



Şekil 22. NOMA ve OFDMA'nın spektrum verimliliği karşılaştırılması

Çoklu erişimi değerlendirebilmek için iki temel parametreyi gözlemleyebiliriz: spektral verimlilik ve enerji verimliliği arasında bir karşılaştırma. NOMA'nın enerji verimliliği açısından bize Hz başına daha fazla bit verdiği için spektral verimlilik açısından nasıl daha iyi bir davranış sergilediğini görebiliriz, eğri bize, bilginin kullanıcıya sunulmak için demodülasyona uğrayacağı yüksek işleme yükü nedeniyle belirli kullanıcılar için enerji tüketiminin arttığını söyler. OFDMA ise enerji tüketimi açısından açıkça daha verimlidir, NOMA'nın işgal ettiği senaryo için 4 bit / joule'u geçmediği görülebilir. Dolayısıyla OFDMA'nın bilgi iletiminde spektrum ve enerji kaynaklarını daha iyi kullandığı görülebilir. Tablo 4, OFDMA ve NOMA'nın avantajlarını ve dezavantajlarını göstermektedir. Şekil 23'te OMA ve NOMA'nın kanal kapasitesi karşılaştırması sunulmaktadır.

Tablo 4. Hem OFDMA hemde NOMA'nın artılarını ve eksilerini karşılaştırma

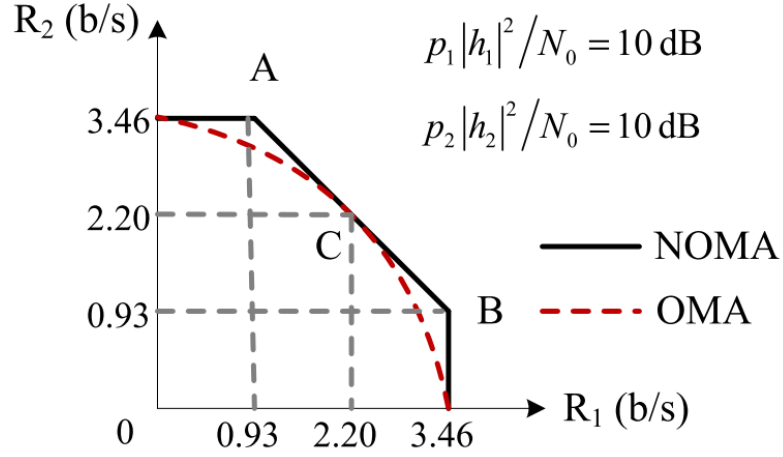
Yöntem	Artıları	Eksileri
OFDMA	Hücre içi parazit yok, daha yüksek spektral verimlilik ve MIMO uyumluluğu	Eşzamanlı çoklamaya ihtiyaç duyar, Çok sayıda kullanıcı için kayıp bağlantılar
NOMA	Eşzamansız çoklamaya izin verir.	Daha yüksek spektral verimlilik için uygun değil Alıcı için daha fazla işleme gerektirir

K kullanıcıyı destekleyen bir AWGN kanalının uplink bağlantısında (K 2'den büyük olabilir),

$$\sum_{i=1}^K R_i \leq W \log \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^K P_i}{N_0 W} \right) \quad (7)$$

burada W bant genişliği, Pi iletilen güç ve N0 ise Gauss gürültüsünün spektral güç yoğunluğudur. Daha özel olarak, Tse ve Viswanath'ın öncü katkısında bulunan kapasite analizine göre, çoklu erişim kanalının kapasitesi şu şekilde formüle edilebilir:

$$R_k = W \log \left(1 + \frac{P_k |h_k|^2}{N_0 W + (\sum_{j=k+1}^K P_j) |h_k|^2} \right) \quad (8)$$



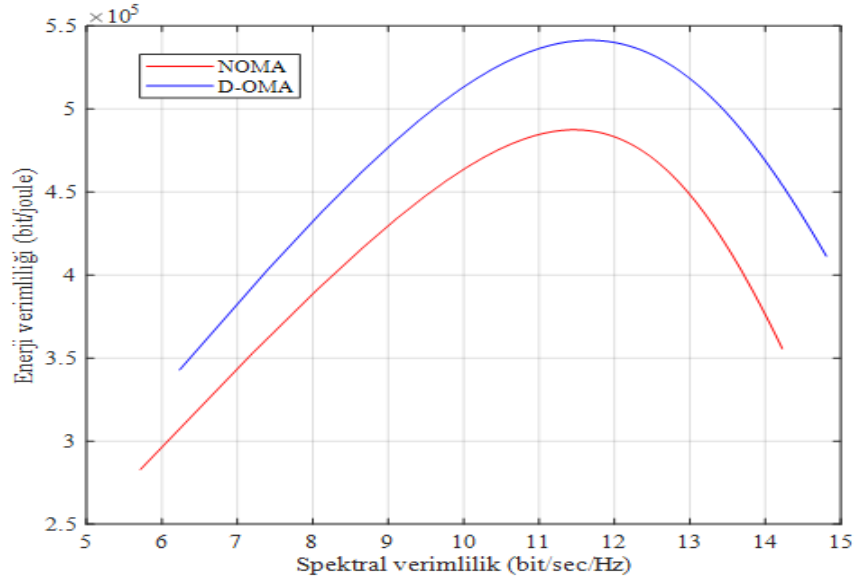
Şekil 23. OMA ve NOMA'nın kanal kapasitesi karşılaştırması

4.3. D-OMA – NOMA Karşılaştırması

D-OMA'da, komşu tekrarlama gruplarına sahip çeşitli NOMA gruplarının, en uç atanmış alt bantlarının % d ölçüsü ile kapsamasına izin veririz (yani, $d = 0$, geleneksel kuvvet alanı NOMA ile karşılaştırılır). NOMA gruplarını kapsayarak sunulan ICI'yi telafi etmek için, her NOMA kümesinin boyutu, INI'nin genel toplamının, INI'nin tahmini ile hemen hemen aynı kalacağı ve üst üste binmeyen devasa bant içi NOMA kümelemesi kullanılacağı şekilde azaltılabilir. Aynı şekilde, devasa bir bant içi NOMA kümesi tarafından sağlanan korkunç üretkenlik, aynı dağıtım genel olarak konuşulan aralığa daha fazla küme dahil edilerek korunur. Aynı zamanda, çeşitli NOMA kümelerinin boyutlarının küçültülmesiyle, çok yönlü yapı önkoşullarının derecesi ve aygıtların kuvvet kullanımı esasen azaltılırken, benzer bir sunum ön koşulu geçmişte olduğu gibi sürdürülür. NOMA grupları arasındaki kapsama düzeyi, NOMA aygıtları için ideal gruplamayı ve bunların kapasite dağılımını gerçekleştiren dünya çapındaki düzene sokma konusunda bir plan sınırı olarak görülüyor. Şekil 24, NOMA ve D-OMA'nın spektrum ile güç verimliliği karşılaştırmasını göstermektedir. Tablo 5'te D-OMA performans simülasyonunda kullanılan parametreler sunulmaktadır.

Tablo 5. D-OMA performans simülasyonunda aşağıdaki parametreler kullanılır

Hücre Yerleşim Düzeni	Altıgen 19 hücre
AP'ler arasındaki mesafe	0.3 km (simüle edilmiş)
iletim bant genişliği	4.3 MHz
Hücre başına kullanıcı sayısı M	64
Im	AP'ler arasındaki kapsamlı işbirliği ve NOMA kümeleri arasındaki ortogonalite nedeniyle sıfır
β 'nin Değeri	tüm hizmet AP'lerine göre belirli bir kümenin cihazlarını sıralamak için kullanılan birleşik bağlantı kalitesi ölçüsüne bağlıdır.
m-inci N_m ve β 'nin küresel sıralamadaki sırası	$\gamma_{m,k} = h_{m,k} $ 'den türetilmiştir



Şekil 24. D-OMA ve NOMA'da spektrum verimliliği karşılaştırılması

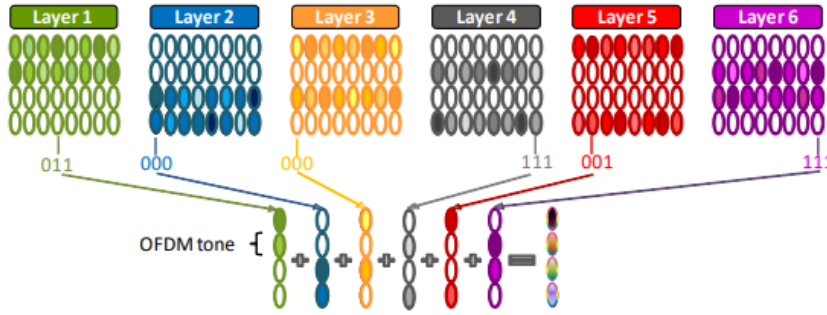
Belirli bir NOMA grubu içindeki gadget'taki downlink iletim hızı şu şekilde verilir:

$$R_m = B \log_2 \left(1 + \frac{\sum_{k=1}^K P_{m,k} |h_{m,k}|^2}{\sum_{k=1}^K \Lambda_k |h_{m,k}|^2 + \delta I_{ICI} + N_m} \right) \quad (9)$$

4.4. NOMA – SCMA Karşılaştırması

Yeni dalga biçimi önerilerine ek olarak, aşağıda kısaca açıklanan SCMA gibi çoklu erişim yöntemleri için olası yeni alternatifler de düşünülmektedir.

Seyrek kodlu çoklu erişim teknolojisinde, vericinin kanal kodlayıcısından gelen bitlerle, bu bitlerin blokları, elemanları çok boyutlu bir işaret takım yıldızı sembolleri (Castellation) olan bir repertuar kod çizelgesinden çıkarılan kod sözcüklerine dönüştüren bir ortak genişleme modülasyon işlemi gerçekleştirilir. Şekil 25'de blok diyagram gösterilmektedir. SCMA sinyali işlemcinin çıkışına bakarken, geleneksel bir OFDM modülatörü ise taşınır.



Şekil 25. SCMA Kod Kitabı

Genişletme, konsept olarak CDMA'da yapılabildiğine benzer olmasına rağmen, kullanılan kodların oluşumunda ondan farklıdır. CDMA'da kodlar, sıfır olmayan tüm öğeleriyle "kompakt" veya yoğundur. (Değerler ± 1). Ancak SCMA'da kod sözcükleri çok sayıda sıfır içerir. Bu nedenle, düşük yoğunluklu ve seyrek yayılan kodlardan bahsediyoruz. Ayrıca, bu seyrek kodlar, söylendiği gibi, her biri bir katmanı (katmanı) tanımlayan ve $K = 2m$ sembolleri içeren, uygun şekilde tasarlanmış kodların bir repertuarında bulunur; m ,

(genişletici) modüle gelen bloğun bit sayısıdır. Bu K sembollerinden N sıfır değildir ve çok boyutlu bir işaret takım yıldızından alınmıştır. Bu tür bir işaret takımıyıldızın seğimi, takımıyıldızın noktaları arasında daha fazla minimum mesafe olasılığı sunmasından kaynaklanmaktadır; bu, hata olasılığında bir azalma anlamına gelir. Bu nedenle, yinelemeli Denklemleri yeniden yazabiliriz:

$$m_{n \rightarrow k}^{(t)}(x_k) \propto \sum_{\{x_i | i \in N(n) \setminus k\}} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} (y_n - h_{n,k}x_k - \sum_{i \in N(n) \setminus k} h_{n,i}x_i)^2 \right\} \prod_{i \in N(n) \setminus k} m_{i \rightarrow n}^{(t-1)}(x_i) \quad (10)$$

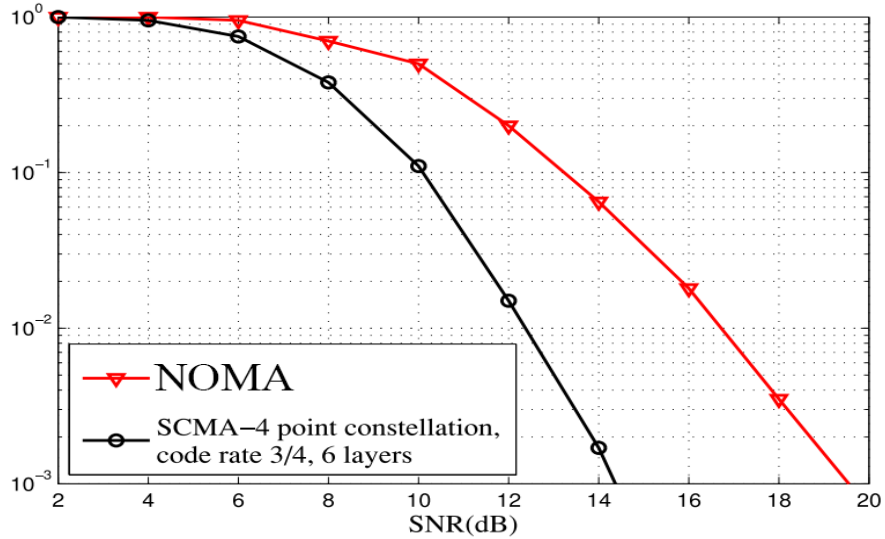
Ek olarak, aynı çipte üst üste binen maksimum kullanıcı sayısının w olduğunu varsayarsak, alıcı karmaşıklığı $O(|X|K)$ ($K > w$) yerine $O(|X|w)$ düzenindedir. Tablo 6'da SCMA için gerekli değerler içermektedir.

Tablo 6. SCMA Prototip için Spesifikasyonlar

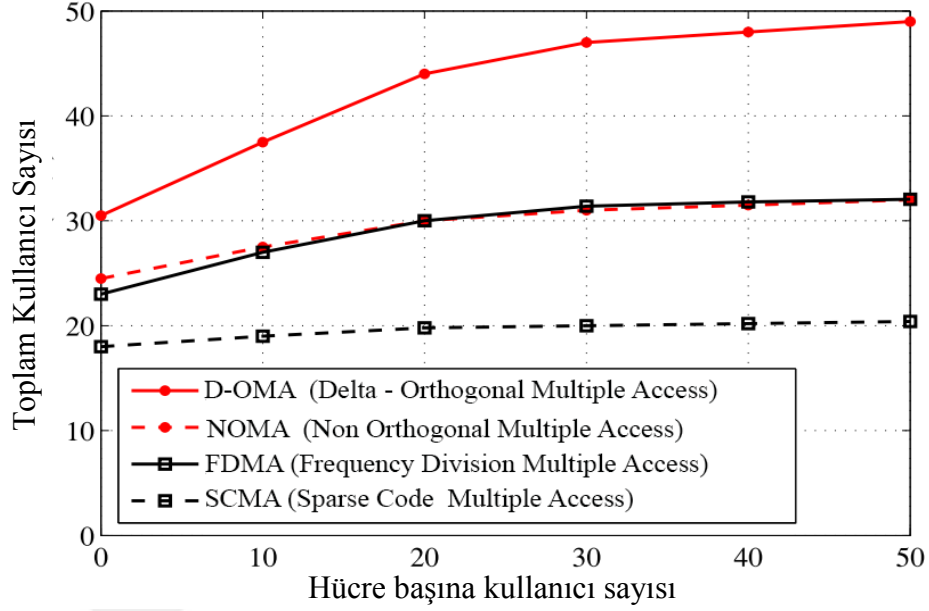
Mod	Seyrek kod çoklu erişim
Aktif UE'lerin sayısı	14 üzerinden 12
UE iletim gücü	Açık devre ile 23 dBm (maks.) g kontrolü
Temel dalga formu	OFDM / F-OFDM
MIMO modu	1'e 2 SIMO
Merkez frekans / bant genişliği	2.6GHz / 20MHz
Zamanlanmış kaynak	48RB s / 4 RB s
Kod hızı	0.3-0.92
SCM A kod kitabı	24'e 8, 4 puan
ereve yapısı	TDD konfigürasyonu 1, 4 Alt ereve PUSCH için

Boş olmayan oğeler, seyreklik örgüsü adı verilen her katmanda benzersiz ve özel bir konuma sahiptir. Katmanların J sayısı, K elementlerinin kombinasyonlarının sayısına

eşittir. Aşırı yük faktörü (üst üste binen faktör), yüzde olarak ifade edilen J / K oranıdır. Şekil 25’de örnek olarak, $m = 3$ boyutundaki giriş bit blokları için $J = 6$ katmanlı (6 repertuar) bir SCMA kodlayıcının temel diyagramını göstermektedir. Her bir kelimenin boyutu, yani genişletmenin uzunluğu $K = 4$ ve sıfır olmayan elemanların sayısı $N = 2$ ’dir, böylece 6 katman oluşturulabilir. Her 3 bitlik giriş bloğu bir kod sözcüğüne eşlenir. Şekil 25’deki örnek, farklı renklerde, katmanlar tarafından bloklara atanan kod sözcüklerini göstermektedir: 011 kullanıcı 1 (katman 1), 000 kullanıcı 2, vb. 6 kullanıcının 111. bloğuna kadar. Şekil 26 Huawei Spesifikasyonu ile NOMA ve SCMA’da Hata Olasılığı Şekil 27’de kullanıcı sayısı başına SCMA, FDMA, NOMA, D-OMA spektral verimliliğin ortak bir şekli sunulmaktadır. . Şekil 28’de SCMA, FDMA, NOMA, D-OMA’nın Kapasitesini gösteren toplu bir şekil sunulmaktadır.



Şekil 26. Huawei Spesifikasyonu ile NOMA ve SCMA’da Hata Olasılığı



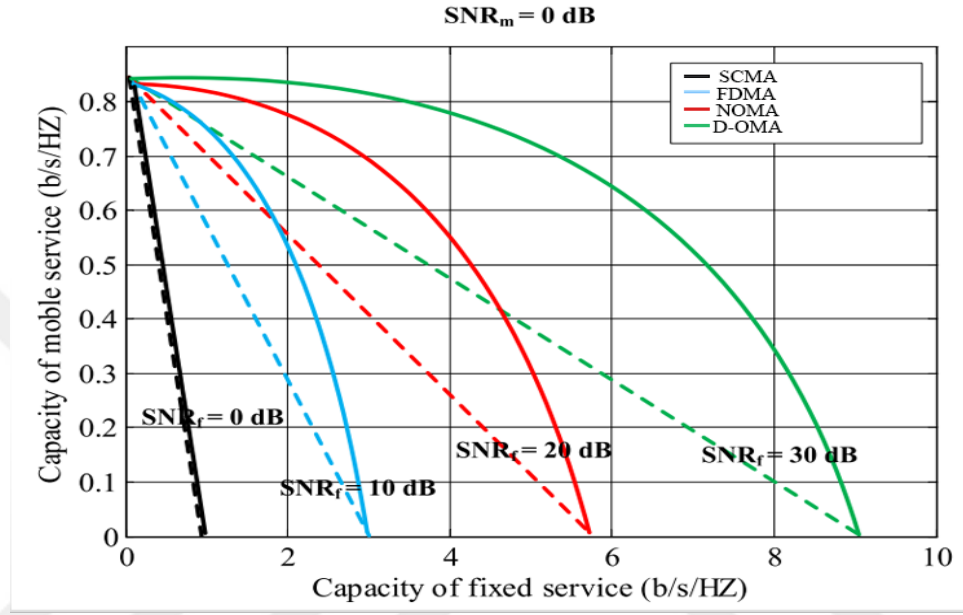
Şekil 27. Kullanıcı sayısı başına SCMA, FDMA, NOMA, D-OMA Spektral Verimliliğin ortak bir şekli

Alıcıda, sırasıyla bar arası engel, yetersiz kod çeşitli erişim (SCMA) çerçevelerinin işaret tanıma hesaplaması gibi, uzamsal kaydırma ile bastırılabilir, sütunlar arası empedansı, ayrıca sütun içi empedansı ortadan kaldırmak için birkaç empedans düşürme yaklaşımı kullanılır. b'ninci sütunundaki i'inci müşterinin uzamsal ayırma vektörünün $\mathbf{f}_{b,i}$ olduğu tahmin edildiğinde, $z_{b,i}$ işaretinin uzamsal ayırmadan sonra şu şekilde olduğu söylenebilir:

$$\begin{aligned}
z_{b,i} &= \mathbf{f}_{b,i}^H \mathbf{y}_{b,i} \\
&= \mathbf{f}_{b,i}^H \mathbf{H}_{b,i} \mathbf{m}_b \sum_{j=1}^{k_b} \sqrt{p_{b,j}} x_{b,j} \\
&\quad + \mathbf{f}_{b,i}^H \mathbf{H}_{b,i} \sum_{\substack{b'=1 \\ b' \neq b}}^B \mathbf{m}_{b'} \sum_{j=1}^{k_{b'}} \sqrt{p_{b',j}} x_{b',j} + \mathbf{f}_{b,i}^H \mathbf{v}_{b,i}
\end{aligned} \tag{11}$$

Uplink bağlantı sistemlerinde, baz istasyonunun birkaç antenle kablolu olduğu ve her kullanıcının tek bir verici antene sahip olduğu K kullanıcıyla ilişkili bu yöntemlerin kapasitesi, BS'de alınan sinyal şu şekilde temsil edilebilir:

$$\mathbf{y} = \sum_{i=1}^K \mathbf{h}_i \sqrt{p_i} x_i + \mathbf{v} \quad (12)$$



Şekil 28. SCMA, FDMA, NOMA, D-OMA'nın Kapasitesini gösteren toplu bir şekil

Her kelimenin boyutu, yani genişlemenin uzunluğu, genişlemesi, konsept olarak CDMA'da yapılabildiğine benzer olmasına rağmen, SCMA'da kullanılan kodların yapısında ondan farklıdır, yine de kod sözcükleri çok sayıda sıfır içerir. Bu nedenle, düşük yoğunluklu ve seyrek yayılan kodlardan bahsediyoruz. Dahası, bu K sembollerinden N sıfır değildir ve çok boyutlu bir işaret takım yıldızından alınmıştır. Tablo 7, güç alanı tabanlı genişletme ile kod alanı tabanlı genişletmeyi karşılaştırmıştır:

Tablo 7. Güç alanı tabanlı genişletme ile kod alanı tabanlı genişletmeyi karşılaştırmıştır

Kategori	Güç Alanı	Kod Alanı Tabanlı					Serpiştirici
	Tabanlı						Tabanlı
	SPC-NOMA	MUSA	SCMA	PDMA	RSMA	NCMA	IGMA
Durum	DL: eMBB	UL: mMTC, URLLC DL: eMBB	UL: mMTC, URLLC DL: eMBB	UL: mMTC, URLLC DL: eMBB	UL: mMTC, URLLC	UL: eMBB, mMTC, URLLC	UL: eMBB, mMTC, URLLC
Çoklama Alanı	Güç	Kod/ Güç	Kod/ Güç	Kod / Güç/ Spektral	Kod / Güç	Kod	Serpiştirici
Eşik Yükü İletimi	Düşük-Orta	Yüksek	Orta/ Yüksek	Orta / Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek

Nihai bir özet olarak, ekteki tablo 8, En ilgili özelliklere göre farklı yöntemlerin performansını özetlemektedir.

Tablo 8. En ilgili özelliklere göre farklı yöntemlerin performansı

Parametre	SCMA	RSMA	NOMA
Spektral verimlilik	Orta	Yüksek	Yüksek
İşleme karmaşıklığı	Orta	Orta	Yüksek
ISI / Çok Yollu Bozulma	Düşük	Orta	Düşük
Gecikme	Kısa	Orta	Kısa
OFDM ile uyumluluk	Evet	Evet	Hayır

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çoklu erişim teknikleri, kullanıcıların iletişim araçlarına erişmelerine izin verdikleri ve aynı ortama bağlı olan belirli sayıda kullanıcıya aynı anda hizmet sağlamaktan sorumlu oldukları için oldukça önemlidir. Bu nedenle çoklu erişim, kaynakları zaman, sıklık veya kod paylaşarak kullanıcıların çoklaması ile yapılır; Bu, kullanıcıların aynı kaynağı düzenli bir şekilde kullanarak diğer kullanıcılarla etkileşimi azalttığı anlamına gelir.

Hücrel teknolojinin hızlı büyümesiyle birlikte, mobil iletişim hizmetlerinin sürdürülebilirliğini sağlamaya devam etmek için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır, tüm bunların nedeni, biz kullanıcılar olarak giderek daha yüksek hizmet kalitesi, yani daha yüksek hızlar, diğerleri arasında daha iyi bağlantı talep etmemizdir. Bu makalenin genel amacı, OMA gibi çoklu erişim tekniklerinin ortogonal olmayan ortama (NOMA) ve yeni nesil haberleşme sistemleri ağları için yeni geliştirilen Delta-OMA'ya simülasyon düzeyinde performansını değerlendirmektir. Bunun için, mobil iletişim tarihinde var olan geleneksel ortam erişim tekniklerini incelemek gerekiyordu, yani, her tekniğin (FDMA, TDMA, CDMA ve OFDMA) çalıştığı ortogonal ortama (OMA) erişim şemaları yanı sıra bunların her birinin getirdiği avantaj ve dezavantajlar. D-OMA, hem uplink bağlantı hem de downlink bağlantıda gelecek nesil hücrel telefon için umut verici bir yaklaşım olarak kabul edilmiştir. Bu tekniğin önerilen işleyişinin yanı sıra, bu planın altıncı nesil hücrel telefonda üretebileceği faydalar ve zorluklar da ayrıntılı olarak incelenmiştir. Amacımız, ortogonal olmayan çoklu erişim şeması (NOMA) ardından yeni D-OMA yöntemi ile ortogonal muadili (OMA) arasında hücre düzeyinde iletim hızının bir değerlendirmesini ve karşılaştırmasını yapmaktır. Kanalin zayıflamalarını hesaba kattığımız çeşitli simülasyonları yaparken, güç tahsisi doğru olduğu sürece NOMA şemasının OMA'dan daha üstün olduğunu, ancak daha yüksek spektral verimlilik elde edebilen D-OMA kadar olmadığını görebiliyorduk. Yeterli sayıda küme sağlandığında, bu değerlendirme, Matlab'da oluşturulan ve güç kaynağını her kullanıcıya D-OMA'nın NOMA ve OMA'ya

üstünlüğü her zaman sağlanacak şekilde tahsis eden bir program sayesinde gerçekleştirilmiştir.



KAYNAKLAR

- Ali, M. S., Hossain, E., Al-Dweik, A., & Kim, D. I. (2018). Downlink power allocation for CoMP-NOMA in multi-cell networks. *IEEE Transactions on Communications*, 66(9), 3982-3998.
- Ali, M. S., Tabassum, H., & Hossain, E. (2016). Dynamic user clustering and power allocation for uplink and downlink non-orthogonal multiple access (NOMA) systems. *IEEE access*, 4, 6325-6343.
- Ali, S., Hossain, E., & Kim, D. I. (2016). Non-orthogonal multiple access (NOMA) for downlink multiuser MIMO systems: User clustering, beamforming, and power allocation. *IEEE access*, 5, 565-577.
- Benjebbour, A., Li, A., Saito, K., Saito, Y., Kishiyama, Y., & Nakamura, T. (2015, October). NOMA: From concept to standardization. In *2015 IEEE conference on standards for communications and networking (CSCN)* (pp. 18-23). IEEE.
- Benjebbour, A., Saito, K., Li, A., Kishiyama, Y., & Nakamura, T. (2015, October). Non-orthogonal multiple access (NOMA): Concept, performance evaluation and experimental trials. In *2015 International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM)* (pp. 1-6). IEEE.
- Benjebbour, A., Saito, Y., Kishiyama, Y., Li, A., Harada, A., & Nakamura, T. (2013, November). Concept and practical considerations of non-orthogonal multiple access (NOMA) for future radio access. In *2013 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems* (pp. 770-774). IEEE.
- Cai, Y., Qin, Z., Cui, F., Li, G. Y., & McCann, J. A. (2017). Modulation and multiple access for 5G networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(1), 629-646.
- Checko, A., Christiansen, H. L., Yan, Y., Scolari, L., Kardaras, G., Berger, M. S., & Dittmann, L. (2014). Cloud RAN for mobile networks—A technology overview. *IEEE Communications surveys & tutorials*, 17(1), 405-426.
- Dai, L., Wang, B., Yuan, Y., Han, S., Chih-Lin, I., & Wang, Z. (2015). Non-orthogonal multiple access for 5G: solutions, challenges, opportunities, and future research trends. *IEEE Communications Magazine*, 53(9), 74-81.
- David, K., & Berndt, H. (2018). 6G vision and requirements: Is there any need for beyond 5G?. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 13(3), 72-80.

- Ding, Z., Adachi, F., & Poor, H. V. (2015, December). Performance of MIMO-NOMA downlink transmissions. In 2015 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) (pp. 1-6). IEEE.
- Ding, Z., Lei, X., Karagiannidis, G. K., Schober, R., Yuan, J., & Bhargava, V. K. (2017). A survey on non-orthogonal multiple access for 5G networks: Research challenges and future trends. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35(10), 2181-2195.
- Ding, Z., Peng, M., & Poor, H. V. (2015). Cooperative non-orthogonal multiple access in 5G systems. *IEEE Communications Letters*, 19(8), 1462-1465.
- Farhang-Boroujeny, B., & Moradi, H. (2016). OFDM inspired waveforms for 5G. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(4), 2474-2492.
- Gozalvez, J. (2016). New 3GPP standard for IoT [mobile radio]. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 11(1), 14-20.
- Guey, J. C., Liao, P. K., Chen, Y. S., Hsu, A., Hwang, C. H., & Lin, G. (2015). On 5G radio access architecture and technology [industry perspectives]. *IEEE Wireless Communications*, 22(5), 2-5.
- Han, S., Chih-Lin, I., Xu, Z., & Sun, Q. (2014). Energy efficiency and spectrum efficiency co-design: From NOMA to network NOMA. *IEEE COMSOC MMTTC E-Letter*, 9(5).
- Higuchi, K., & Benjebbour, A. (2015). Non-orthogonal multiple access (NOMA) with successive interference cancellation for future radio access. *IEICE Transactions on Communications*, 98(3), 403-414.
- Higuchi, K., & Kishiyama, Y. (2013, September). Non-orthogonal access with random beamforming and intra-beam SIC for cellular MIMO downlink. In 2013 IEEE 78th Vehicular Technology Conference (VTC Fall) (pp. 1-5). IEEE.
- Hoshyar, R., Wathan, F. P., & Tafazolli, R. (2008). Novel low-density signature for synchronous CDMA systems over AWGN channel. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 56(4), 1616-1626.
- Huang, Y., Su, B., & Fu, I. K. (2016, May). Heterogeneous LTE downlink spectrum access using embedded-GFDM. In 2016 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC) (pp. 474-479). IEEE.
- Islam, S. M., Zeng, M., & Dobre, O. A. (2017). NOMA in 5G systems: Exciting possibilities for enhancing spectral efficiency. arXiv preprint arXiv:1706.08215.

- Islam, S. R., Avazov, N., Dobre, O. A., & Kwak, K. S. (2016). Power-domain non-orthogonal multiple access (NOMA) in 5G systems: Potentials and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 19(2), 721-742.
- Li, H., Ru, G., Kim, Y., & Liu, H. (2010). OFDMA capacity analysis in MIMO channels. *IEEE Transactions on Information Theory*, 56(9), 4438-4446.
- Li, J., Wu, X., & Laroia, R. (2013). *OFDMA mobile broadband communications: A systems approach*. Cambridge University Press.
- Lien, S. Y., Shieh, S. L., Huang, Y., Su, B., Hsu, Y. L., & Wei, H. Y. (2017). 5G new radio: Waveform, frame structure, multiple access, and initial access. *IEEE communications magazine*, 55(6), 64-71.
- Nikopour, H., & Baligh, H. (2013, September). Sparse code multiple access. In *2013 IEEE 24th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)* (pp. 332-336). IEEE.
- Nonaka, N., Kishiyama, Y., & Higuchi, K. (2015). Non-orthogonal multiple access using intra-beam superposition coding and SIC in base station cooperative MIMO cellular downlink. *IEICE Transactions on Communications*, 98(8), 1651-1659.
- Patzold, M. (2018). It's Time to Go Big with 5G [Mobile Radio]. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 13(4), 4-10.
- Razavi, R., Dianati, M., & Imran, M. A. (2017). Non-orthogonal multiple access (NOMA) for future radio access. In *5G Mobile Communications* (pp. 135-163). Springer, Cham.
- Saito, Y., Benjebbour, A., Kishiyama, Y., & Nakamura, T. (2013, September). System-level performance evaluation of downlink non-orthogonal multiple access (NOMA). In *2013 IEEE 24th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)* (pp. 611-615). IEEE.
- Series, M. (2015). *IMT Vision—Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*. Recommendation ITU, 2083.
- Shieh, S. L., & Huang, Y. C. (2016). A simple scheme for realizing the promised gains of downlink nonorthogonal multiple access. *IEEE Transactions on Communications*, 64(4), 1624-1635.
- Tabassum, H., Hossain, E., & Hossain, J. (2017). Modeling and analysis of uplink non-orthogonal multiple access in large-scale cellular networks using poisson cluster processes. *IEEE Transactions on Communications*, 65(8), 3555-3570.

- Wan, D., Wen, M., Ji, F., Yu, H., & Chen, F. (2018). Non-orthogonal multiple access for cooperative communications: Challenges, opportunities, and trends. *IEEE Wireless Communications*, 25(2), 109-117.
- Wang, P., Xiao, J., & Ping, L. (2006). Comparison of orthogonal and non-orthogonal approaches to future wireless cellular systems. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 1(3), 4-11.
- Wang, Z., Li, L., Xu, Y., Tian, H., & Cui, S. (2018). Handover control in wireless systems via asynchronous multiuser deep reinforcement learning. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(6), 4296-4307.
- Wei, Z., Yuan, J., Ng, D. W. K., ElKashlan, M., & Ding, Z. (2016). A survey of downlink non-orthogonal multiple access for 5G wireless communication networks. arXiv preprint arXiv:1609.01856.
- Yu, Y., Wang, T., & Liew, S. C. (2019). Deep-reinforcement learning multiple access for heterogeneous wireless networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 37(6), 1277-1290.
- Yuan, Z., Yu, G., Li, W., Yuan, Y., Wang, X., & Xu, J. (2016, May). Multi-user shared access for internet of things. In *2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)* (pp. 1-5). IEEE.
- Zeng, M., Yadav, A., Dobre, O. A., Tsiropoulos, G. I., & Poor, H. V. (2017). On the sum rate of MIMO-NOMA and MIMO-OMA systems. *IEEE Wireless Communications Letters*, 6(4), 534-537.
- Zeng, M., Yadav, A., Dobre, O. A., Tsiropoulos, G. I., & Poor, H. V. (2017). Capacity comparison between MIMO-NOMA and MIMO-OMA with multiple users in a cluster. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35(10), 2413-2424.
- Zhang, Z., Sun, H., Hu, R. Q., & Qian, Y. (2016, December). Stochastic geometry based performance study on 5G non-orthogonal multiple access scheme. In *2016 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)* (pp. 1-6). IEEE.
- Zhou, P., Fang, X., Wang, X., Long, Y., He, R., & Han, X. (2018). Deep learning-based beam management and interference coordination in dense mmWave networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68(1), 592-603.
- Zou, Y., Zhu, J., Wang, X., & Hanzo, L. (2016). A survey on wireless security: Technical challenges, recent advances, and future trends. *Proceedings of the IEEE*, 104(9), 1727-1765.