

# Yoğun Kentsel ve Kırsal Alanlar İçin 5G Milimetre Dalga Kablosuz Erişim Ağlarının Planlanması

Dr. Öğretim Üyesi Mert Yağcıoğlu  
İstanbul Esenyurt Üniversitesi  
mertyağcıoğlu@esenyurt.edu.tr

Kablosuz ağların optimizasyonu, özellikle 5. nesil (5G) kablosuz ağların tasarımında önemli bir rol oynamaktadır. 5G ağları ile hizmet kalitesini artırarak, daha yüksek veri hızı ve kapasite sağlanması amaçlanmaktadır. Kullanıcı sayısındaki artışa paralel olarak veri miktarlarındaki talepte de bir artış yaşanmaktadır. Bu nedenle, 5G kablosuz ağları, mikro hücreli baz istasyonlarının ve makro hücre baz istasyonlarının yüksek derecede heterojen olmasını gerektirir. Özellikle kullanıcı yoğunluğunun yüksek olduğu kentsel alanlarda hücre alanını daraltarak daha küçük alanlarda daha fazla kullanıcıya hizmet vermesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle aşırı yüksek frekans (EHF: extremely high frequency) olarak adlandırılan ve 30 ile 300 GHz arasında uzanan milimetre dalga (mmWave) frekans bandı, kablosuz iletişim sistemleri için önemli bir kaynak olan kullanılmayan frekans spektrumunun önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bütünleşmiş bileşenlerdeki gelişmeler ve yüksek frekanslarda geliştirilmiş güç verimliliği göz önüne alındığında, kablosuz sistemler milimetre dalga frekans bandında çalışabilir.

Milimetre dalga frekans bandı sayesinde artan veri hızı taleplerini karşılamak için, baz istasyonlarının veya erişim noktalarının daha küçük çaplarda yoğun bir şekilde konuşlandırılması gelecek için umut verici bir yaklaşımdır; ancak, bunu yapmak hücreler arası parazite (ICI) neden olabilmektedir. Hücreler arası paraziti azaltmak için çok sayıda girişim koordinasyon (IC) yaklaşımı önerilmektedir. Milimetre dalga bantlarında 5G iletişimini yürütmek, tümü ortam değişikliğine bağlı olan daha yüksek yayılma kayıpları ve daha büyük zayıflama varyansı nedeniyle daha karmaşıktır. Hüzmeleme tekniklerine (beamforming) sahip devasa anten dizileri (massive antenna array), yüksek yayılma kaybının üstesinden gelmek, paraziti azaltmak, performans kazançlarını artırmak ve çoklayıcı vericilerle yüksek ağ kapasitesi sağlamak için kullanılabilir. Bunun için anten sayısı artırılarak daha dar açığa sahip ancak daha yüksek kazanıma sahip anten yayılımı amaçlanmaktadır. Ancak, ışın biçimlendirme

(beam switching) tekniklerini kullanan devasa bir anten dizisinin temel sorunu, kullanıcıları ve ışınları büyük bir ağdaki her verici için koordine etmenin güç olmasıdır. Bu sorunun üstesinden gelmek için ağ içerisinde bulunan kullanıcıların kümelenmesi öngörülmektedir. Bu yöntem ile hücre içerisindeki kullanıcıların sinyal ile parazit artı gürültü oranları (signal to interference plus noise ratio) (SINR) arttırılarak daha yüksek veri miktarlarına ulaşmaları sağlanmaktadır. Özellikle hücre kenarlarında baz istasyonuna daha uzak ve daha düşük sinyal seviyelerine sahip olan kullanıcılar için bu çözüm sunulmuştur.

Tüm bunlara ek olarak, hücre içi yoğunluğun ve veri talebinin yüksek olduğu durumlarda hücreler arası kaynak tahsisi de verimliliği arttırabilmektedir. Birbirine komşu olan ve daha az yoğun olan hücrelerden her bir zaman aralığında belirli limitler konularak yapılan kaynak bloğu tahsisi ile kullanıcıların anlık veri miktarlarında artış gözlemlenmiş olup aynı zamanda da gecikme yaşamaları engellenmiş olmaktadır. Tüm bu parametreler, farklı kullanıcı lokasyonları ve sayıları ile MATLAB simülasyon ortamında simüle edilerek çıktıları gözlemlenecektir. Simülasyon sonuçları göz önüne alınarak, kullanıcıların anlık veri miktarları ve spektral verimlilikleri karşılaştırılarak sistemin avantajları incelenecektir.

**Anahtar Kelimeler:** 5G, Interference Coordination, Beamforming, Massive MIMO, Milimeter Wave