

# 5G ve Ötesine

Emircan KİREZ

*Bilgisayar Mühendisliği 3. Sınıf*  
*Yıldız Teknik ÜNİVERSİTESİ*  
İstanbul, TÜRKİYE  
19011049

Mehmet Fatih ÖNKOL

*Bilgisayar Mühendisliği 3. Sınıf*  
*Yıldız Teknik ÜNİVERSİTESİ*  
İstanbul, TÜRKİYE  
19011102

Tuççe SUSAM

*Bilgisayar Mühendisliği 3. Sınıf*  
*Yıldız Teknik ÜNİVERSİTESİ*  
İstanbul, TÜRKİYE  
19011909

Dilara DELEN

*Bilgisayar Mühendisliği 3. Sınıf*  
*Yıldız Teknik ÜNİVERSİTESİ*  
İstanbul, TÜRKİYE  
19011088

Ali Eren MERCAN

*Bilgisayar Mühendisliği 3. Sınıf*  
*Yıldız Teknik ÜNİVERSİTESİ*  
İstanbul, TÜRKİYE  
19011045

*Abstract*—Bu Doküman 5G teknolojisinin detayları irdelemeden açıklanmasını kapsamaktadır. Tarihçesi, 5G'nin ne olduğu, alt konseptleri, dezavantajları ve gelecekte kullanılması muhtemel alanları ele almaktadır.

## I. GİRİŞ

5G'nin ne olduğunu farklı perspektiflerden inceleyerek meraklılarımızı bilgilendirmek amacıyla kaleme alınmıştır.

## II. 5G'NİN TARİHÇESİ

### A. 5G'ye Giriş

Hepimizin hayatında en sık kullandığı cihazlar hiç şüphesiz ki mobil telefonlarımız. İletişim kurmanın haricinde birçok işimizi de artık telefonlarımızla çözüyoruz. Alışverişten bankacılık işlemlerine mail trafiğini yönetmekten internetten araştırma yapmaya kadar günlük hayatın tüm ihtiyaçlarını mobil telefonlarla gideriyoruz. Aynı zamanda son dönemde de oldukça popüler bir hale gelen mobil oyunlar ile mobil telefonlarımızda oldukça keyifli vakitler geçiriyor ve günün stresinden uzaklaşmış oluyoruz. Hal böyle olunca mobil telefon teknolojileri de her geçen gün bir başka gelişme ile yenilenmeye ve değişmeye devam ediyor. Bu gelişmelerden birisi de 4G teknolojisiydi. 4G teknolojisinin hayatımıza girişinin üzerinden uzun bir zaman geçmeden bu kez de son dönemlerde sık sık 5G'nin adını duymaya başladık.[1]

Peki bu 5G teknolojisi ne demek ya da 5G tam olarak nedir? En basit tanımı ile 5G'nin 5. nesil kablosuz ağ teknolojisi olduğunu söyleyebiliriz. Çok daha hızlı ve güvenli bir iletişim imkânı sunan ve internet üzerinde gerçekleştirdiğiniz tüm işlemleri daha yüksek hızda ve kesintisiz gerçekleştirmemizi sağlayan bir teknolojidir. Yani 5G teknolojisi ile bugün izlediğiniz yüksek kaliteli bir filmi saniyeler içerisinde indirmeniz mümkün olacak.

### B. 1G' den 5G' ye Gerçekleşen Değişim ve Genel Kıyaslama

GSM teknolojisinin zaman içerisindeki değişimi 1G, 2G, 3G, 4G olarak isimlendiriliyor. Bu isimlendirmelerdeki G, nesil anlamına gelen “generation” sözcüğünden gelmektedir. Her bir G dönemi bir öncekinden daha hızlı ve daha büyük yenilikler getirmiştir. [2]

#### 1G:

- Cep telefonu sistemlerinin ilki olarak kabul edilir.
- 1980'lerde geliştirildi ve 1990'ların başında tamamlandı. [3]
- Yalnızca ses taşıması için tasarlanmıştır ve analog sistemle çalışır.
- 2.4 kbps'ye kadar veri hızı sağlar.
- Kullanıcının 1 ülkede sesli arama yapmasına izin verir. [4]
- Multiplexing için FDMA (Frequency Division Multiple Access) kullanır.

#### 2G:

- Gerçek GSM sisteminin temeli olarak kabul edilir.
- 1980'lerin sonunda geliştirildi ve 1990'ların ortalarında tamamlandı.
- Analog yerine dijital sistemle çalışır. [5]
- Bu sistemle gelen en büyük yenilik SMS sistemidir.
- 2G ile metin mesajları, resimli mesajlar ve MMS (multimedya mesajı) gibi hizmetler kullanıma girdi ve sadece arayarak konuşmak değil kısa mesaj sistemi ile de iletişime geçebilme olanağı sağlandı. [6]
- 64 kbps'ye kadar veri hızı sağlar.
- 2G teknolojisi zaman içerisinde GPRS, EDGE ve MMS teknolojileri ile tamamlanarak 2.5G ve 2.75G olarak isimlendirilmiştir. Bu gelişmelerle birlikte veri hızı 385 kbps'lere kadar ulaşmıştır.
- Multiplexing için TDMA (Time Division Multiple Access) ve CDMA (Code Division Multiple Access) beraber kullanılır.

3G:

- Akıllı telefonların hayatımıza girmesine neden olan teknolojidir. Bugün kullandığımız akıllı telefonların ilk örnekleri olan cihazlar 3G teknolojisine sahiptir.
- İlk görüntülü konuşma imkanını sunmuştur. Bu sayede sesin yanında veri ve görüntü iletimine de imkân sağlanmıştır.
- 3G teknolojisi, eklenen HSPA (high speed packet access) ile 3.5G olarak anılmaya başlanmış ve veri hızı 14 Mbps ye kadar ulaşmıştır. İlerleyen dönemde HSPA'nın HSPA + olarak güncellenmesi ile de veri hızı 168 Mbps'ye kadar yükselmiştir.
- İlk defa Packet Switching kullanılmıştır.
- Video konferans, e-posta, çevrimiçi alışveriş/bankacılık, oyunlar vb. işlemlerde üstün ses kalitesi ve iyi netlik sağlar. [7]
- Aynı zamanda bu telefonlar ile mobil oyunlar ve mobil mesajlaşma uygulamaları gibi bugün çok sık kullandığımız kavramlar hayatımıza yavaş yavaş girmeye başlamıştır.

4G:

- Daha yüksek veri hızları ve genişletilmiş multimedya hizmetleri vaat eden yeni nesil kablosuz teknolojidir. [8]
- 2010 yılında geliştirilmiştir.
- 100 Mbps'ye kadar veri hızı sağlar.
- Bu teknolojinin en önemli özelliği, 3G'ye kıyasla çok daha hızlı bir internet erişim imkânı sunmasıdır.
- Aynı zamanda farklı teknolojiler arasında sorunsuz geçiş yapabilme, mobil cihazlar üzerinden multimedya içerikler izleyebilme ve geniş kapsama alanında daha az enerji tüketimi ile yüksek kaliteli bağlantı sağlama özelliklerine sahiptir.
- 4G ile HD görüntülü konuşma, 3D kalitede mobil oyun oynayabilme ve kesintisiz HD video transferleri gibi imkanları hayatımıza girmiş oldu.

5G:

- Yapay zekâ, akıllı ev cihazları, sürücüsüz araçlar ve sanal gerçeklik gibi teknolojilerin hızlı gelişimi yüksek hızda veri transferi ve daha az gecikme gibi ihtiyaçları da beraberinde getirmiştir. Bu da 4.5G teknolojisinin yetersiz kalmasına ve 5G teknolojisinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.
- Temel olarak bu iki teknolojiyi birbirinden ayıran üç farklı etkeni hız, gecikme süresi ve kapasite şeklinde değerlendirebiliriz.
- 5G kullanımı ile birlikte internet hızının mevcut 4.5G hızından yaklaşık 10 kat daha hızlı olacağını söylemek mümkün. 4G ile 100 megabit olan internet hızı 5G teknolojisi ile 1000 megabitlerin üzerine çıkabilecek.
- Yani bu hızla birlikte daha yüksek verileri de çok kısa sürelerde indirmek mümkün hale gelecek. Bu

da 4.5G hızı ile ortalama 25 dakikada indirdiğimiz HD kalitedeki bir filmi 5G ile saniyeler içerisinde indirebileceğiz demek oluyor.

- 5G ile gecikme sürelerini sıfıra indirecek ağlara sahip olmak mümkün olacak.
- Elbette ki 5G teknolojisi 4.5G'ye göre çok daha iyi bir kapasite sunuyor. Daha iyi kapasitenin anlamı ise, isterseniz yüzlerce kişiyle bir konser ya da stadyum ortamında aynı interneti kullanıyor olun isterseniz de tek kullanıcı siz olun aynı yüksek hızdaki interneti kullanmanız demektir.

### III. 5G NEDİR?

1G, 2G, 3G ve 4G ağlarından sonra yeni bir küresel 5. nesil mobil ağıdır. 5G, makineler, nesneler ve cihazlar dahil olmak üzere neredeyse herkesi ve her şeyi birbirine bağlamak için tasarlanmış yeni bir ağ türü sağlar. 5G kablosuz teknolojisi, daha fazla kullanıcıya saniyede gigabitler seviyesine çıkacak indirme hızı [9], ultra düşük gecikme süresi ile yüksek güvenilirlikli devasa ağ kapasitesine sahip artırılmış kullanılabilirlik ve tekdüze bir kullanıcı deneyimi sunmayı amaçlamaktadır. Bunlar haricinde 5G teknolojisi ile sürücüsüz araçlar, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, uzaktan ameliyat ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojiler, 5G ile günlük yaşantımıza daha fazla entegre olacak. [10] Yüksek performans ve iyileştirilmiş verimlilik, yeni kullanıcı deneyimlerini güçlendirilerek yeni endüstrileri birbirine bağlayacak. [11]

#### A. 5G Frekansları Nelerdir?

Kullanılan kablosuz bağlantı teknolojileri, sinyallerin frekanslarına göre veri aktarım hızında artış gösterir. Mobil ağlar için kullanılan frekans bantları, bölge ve ülkeye göre değişir. Geçmişte söz konusu G ağları 700 MHz ve 6 GHz frekans aralığını kullanılıyordu. 5G ise kullanılan yeni nesil mobil ağ teknolojisi sayesinde 28-100 GHz arasındaki frekanslarda çalışır. [12]

#### B. 5G'nin İcadı ve Geliştirilmesi

5G prototip denemesi Kasım 2016'da Samsung, Çin Mobil Araştırma Enstitüsü (CMRI) tarafından gerçekleştirildi ve kamuoyuna duyuruldu. [13] Temmuz 2018'de, Huawei firmasının desteğiyle geliştirdikleri 5G teknolojisinde bir Türk bilim adamı Prof. Erdal Arıkan'ın Polar Kodlama yöntemi 5G teknolojisinin ana temelini oluşturdu. [14] Uluslararası Telekomünikasyon Birliği, altyapı çalışmalarının 2020 yılı içinde tamamlanmasını ve yeni nesil teknolojinin hayata geçmesi öngörüldü.

#### C. 5G'yi Oluşturan Temel Teknolojiler

5G, OFDM'ye (Ortogonal frekans bölme) çoğullama) dayalıdır. OFDM telekomünikasyonda, ortogonal frekans bölme çoğullama, bir tür dijital iletim ve dijital verileri çoklu taşıyıcı frekanslarda kodlama yöntemidir. 5G, OFDM ilkelerinin yanında 5G NR hava arayüzünü ve 6 GHz altı ve

mmWave (Aşırı yüksek frekans) gibi daha geniş bant genişliği teknolojilerini de kullanır. [15]

#### IV. 5G'NİN ALT KONSEPTLERİ VE İLİŞKİLİ TEKNOLOJİLER

5G'yi mümkün kılan, 5G ile doğrudan veya dolaylı yoldan ilişkili birçok haberleşme tekniği, teknolojisi ve konsepti bulunmaktadır.

##### A. Hüzme Yönlendirme

Hüzme yönlendirme bu konseptlerin en önemlilerinden biridir. 5G dalga şekli, hüzme tabanlı bir dalga şeklindedir. Tüm kanallar (tüm gönderim, kontrol, veri) ve tüm sinyaller (aşağı ve yukarı hat eş zamanlama sinyalleri) hüzme yapısı düşünülerek tasarlanmıştır. Hüzme yönlendirme ile kapsama tek bir geniş hüzme yerine, yönlendiriciliği yüksek birçok hüzme oluşturularak sağlanmaktadır. Sayısal veya analog olarak gerçekleştirilebilen hüzme yönlendirme operasyonu, kullanıcılara daha yüksek güçte sinyal ulaştırılabilmesini, girişimin azaltılmasını ve bağlantı yoğunluğunun artırılabilmesini sağlamaktadır. Masif çoklu giriş çoklu çıkış (massive MIMO) teknolojisi, çok miktarda anten elemanının aynı frekans ve zaman kaynağında hizmet vermesi ile hüzme yönlendirme, 5G'nin ayırt edici özelliklerinden biridir.

##### B. Artan Frekans Aralığı

4G'ye kadar olan mobil haberleşme teknolojileri, 3 GHz altı frekans bantlarını kullanmaktadır. 5G'de ise frekans bantları FR-1 ve FR-2 olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. FR-1 410 MHz ile 7.125 GHz arasını ifade ederken, FR-2 ise 24.25 GHz ile 52.5 GHz arası bantı ifade etmektedir. 5G kurulumları bu frekansların tümünde yapılabilir. Hatta 52.5 GHz üzerindeki frekans bantlarının da kullanılabilmesi için standardizasyon çalışmaları sürmektedir. 5G'nin çok geniş frekans aralığını destekliyor olması, karşılayabileceği müşteri taleplerinin çeşitlerinin de artmasını sağlamaktadır. Geniş kapsama sağlanması gereken kırsal bölgelerde 1 GHz altı gibi düşük frekanslar hem kapasitenin hem de kapsamanın önem arz ettiği yerlerde 6 GHz altındaki frekanslar, yüksek yoğunluklu bölgelerde ise 26-28 GHz gibi yüksek frekans bantları kullanılabilir. Bu esneklik, 5G'nin diğer teknolojilere göre önemli farklarından biridir. Milimetre dalga (mmWave) seviyesinde frekans bantlarının kullanılması, 5G'nin bir diğer önemli farkıdır. [a] Bu seviyede frekans bantları kullanıldığında, kullanılacak bant genişliği hücre başına 400 MHz'lere kadar çıkabilmektedir. Bu durum, kapasitenin ve dolayısıyla veri hızlarının yükselmesine yol açmaktadır. Bunun yanında yüksek frekanslarda sinyallerin yayılımlarının düşük olması nedeniyle kapsama alanları önemli ölçüde düşmektedir. Dolayısıyla mmWave frekansları daha çok yoğun bölgelerde kapasite artırımı için dar alanların kapsanmasının gerektiği durumlarda kullanılabilir.

##### C. Ağ Dilimleme

Kullanıcılara verilecek servisler, farklı kalite politikalarına ihtiyaç duyabilmektedir. Bir servis için güvenilirlik derecesinin yüksek olması gerekirken, bir başka servis için en önemli kriter yüksek veri hızı olabilir. Ağ dilimleme özelliği ile, aynı fiziksel şebeke birden fazla sanal şebekeye bölünerek bu servis kalitesi ihtiyaçları ayrı ağ dilimleri üzerinden sağlanabilmektedir. 5G ile birlikte çekirdek şebekeden radyo erişim şebekesine kadar bütün birimler üzerinde ağ dilimleme fonksiyonu gerçekleştirilebilmektedir.

##### F. Çoklu Erişimli Uç Bilişim Teknolojisi

Çoklu erişimli uç bilişim (Multi Access Edge Computing) teknolojisi de 5G'yi mümkün kılan, 5G'nin hedeflediği performans kriterlerine ulaşabilmesi açısından önemli yeri olan bir konsepttir. Uç bilişim teknolojisi ile daha önce merkezde bulunan işlem ve hesaplama birimleri, kullanıcıların bulunduğu, verinin üretildiği yer olan şebekenin uçlarına yaklaştırılır. Ancak bu sayede, 5G'nin uRLLC senaryolarıyla hedeflediği 1 ms civarındaki gecikme sürelerine ulaşılacağı değerlendirilmektedir. Bunun yanında yine uç bilişim ile yalnızca gönderilmesi gerekli olan bilgilerin merkeze iletilmesi sağlanmaktadır. Bu sayede, 5G ile birlikte artışı hızlanacak olan toplam veri miktarından dolayı şebeke altyapılarının zorlanması engellenerek fazla yükün azaltılması sağlanmaktadır. Ayrıca uç lokasyonlarda verilerin filtrelenip sınırlandırılması sayesinde hassas verilerin bu verilere ihtiyaç duymayan şebeke birimlerine aktarılması önlenmekte, böylece veri gizliliği ve güvenliğine de katkı sağlanmaktadır. Bu olanaklarından ve uç bulut lokasyonlarında RAN ve çekirdek şebeke birimlerinin konumlandırılabilmesinden dolayı uç bilişim 5G için kilit teknolojilerden biridir.

##### A. Sabit Kablosuz Erişim

Sabit kablosuz erişim (Fixed Wireless Access = FWA) 5G'den önce de hayatımıza girmiş olan, 5G ile kapasitenin ve veri hızlarının yükselmesi ile ise görünürlüğü daha da artacak kullanım alanlarından biridir. Bu teknoloji ile 5G şebekeleri üzerinden sabit kullanıcılara, evlere, işyerlerine kablosuz ağ üzerinden yüksek hızda bağlantı sağlanmaktadır. Sabit kablosuz erişim, 5G'de operatörlerin ilk olarak devreye aldıkları, günümüzde en fazla kurulumu yapıp hizmet vermeye başlanan kullanım senaryolarındandır. [b]

#### V. 5G'DE RAN VE ÇEKİRDEK ŞEBEKE TARAFINDAKİ GELİŞİMLER

5G'de, RAN tarafında pek çok yenilikler hayatımıza girmiştir. 5G NR standardizasyonu ile 5G'de hedeflenen performans değerlerinin sağlanabilmesi amacıyla pek çok yeni tanımlama yapılmıştır. 3GPP tarafından yayımlanan her sürümde de bu tanımlamalara yenileri eklenmektedir. Aşağı hat yönünde CP-OFDM modülasyon tipi kullanılırken, yukarı hat yönünde CP-OFDM'in yanında DFT-S OFDM modülasyon tipi de kullanılmaktadır. Bunun yanında radyo erişimi

tarafında, daha önceki nesillerde sürekli olarak gönderilen sinyal tipleri çok büyük oranda azaltılmıştır. Kullanıcı ekipmanı ile senkronizasyon için gerekli olan sinyaller dışında sürekli yayınlanması gereken bütün sinyaller kaldırılarak hem girişimin azaltılması hem de enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir. LTE'de tek olan alt taşıyıcı genişliği ise 5G'de çeşitlendirilerek fiziksel katman tarafında bir başka esneklik daha kazanılmıştır. Yine fiziksel katman tarafında mini slotların kullanılabilmesi ile uRLLC senaryolarını mümkün kılacak bir yapı sunulmaktadır. 5G dalga şeklinin, referans sinyal yapısı, her dilimin (slot) bağımsız olarak çözülebilmesi için en iyileştirilmiştir. Bütün bu yeniliklerin bulunduğu RAN şebekeleri günümüzde pek çok ülkede kullanıma alınmaktadır.

RAN tarafının yanında çekirdek şebekede de 5G'de önemli yenilikler karşımıza çıkmaktadır. 5G'de çekirdek şebeke, tamamen servis bazlı bir mimariye sunulmaktadır. Çekirdek şebeke bileşenlerinden her biri birer ağ fonksiyonu olarak birbirlerine servisler sunmakta ve birbirlerinin servislerini tüketmektedir. Şebekenin diğer kısımlarında olduğu gibi çekirdek 5G NEDİR? 029 şebekede de ağ dilimleme yeteneğinin sağlanması sayesinde aynı fiziksel şebeke üzerinden birbirinden farklı servis kalitesi ihtiyaçları bulunan uygulamalar sunulabilmektedir.

## VI. 5G TEKNOLOJİSİNİN DEZAVANTAJLARI

İspanya'nın Barcelona kentinde 2020 şubat ayında 5G kullanılarak uzaktan yapılan cerrahi bir operasyon, tüm dünyanın dikkatini bu yeni nesil teknolojinin üzerine çekmişti. Bir doktorun monitör üzerinden takip ettiği ve görüntüde sadece 0.01 saniyelik gecikmenin yaşandığı ameliyat tüm dünyada 5G'ye ile ilgili olumlu düşünceleri artırdı. 5G'nin avantajları bir hayli fazla olsa da bazı dezavantajları da vardır. Bu dezavantajlardan 5 tanesi aşağıdaki gibidir.

### A. Radyasyon Etkisi

Özellikle Avrupa ülkeleri 5G teknolojisine radyasyon yaydığı gerekçesiyle karşı çıkıyor. Konunun uzmanı bazı firmalar ve bilim insanları, 5G teknolojisinin yaydığı radyasyon miktarının insan sağlığı için tehlikeli boyutlarda olabileceğini saptamış durumda.

Beşinci nesil mobil ağ ya da kısa adıyla 5G (5th Generation), yüksek frekans ve yüksek bant genişliği kullanıyor. 10 Gbit hızda ve çok düşük gecikmeye sahip internet sağlayabilen 5G, 28 ila 100 GHz frekanslarda çalışıyor. Bu da 5G'nin, 4G'den yaklaşık 1000 kat daha hızlı olması anlamına geliyor. Ancak bu tarzda yüksek veri transferi yapılabilmesi için 5G baz istasyonlarının 4G'ye oranla daha sık döşenmesi ve ortalama her 150 metrede bir güçlendirici antenlerle desteklenmesi gerekiyor.

5G şebekesinin yaydığı frekansların zararı hakkında rapor hazırlayan International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)[18], yüksek frekansa maruz

kalmanın insan sağlığına ciddi etkileri olacağını savunuyor. 5G'nin yaydığı radyasyon miktarının incelenmesi için ortak bildiri yayınlayan Uluslararası EMF (Elektro manyetik alan) Bilim İnsanları Kurulu'nda görevli 240'ı aşkın araştırmacı ise 5G ile birlikte insan ve hayvan sağlığının tehlikeye gireceğini savunuyor. [19]

Helsinki Üniversitesi'nden moleküler biyoloji profesörü Dariusz Leszczynski 5G'nin sağlık açısından risklerini kimsenin tam olarak bilmediğini belirterek, "5G emisyonlu radyasyonun etkilerinin biyomedikal olarak araştırılmadı. 5G'nin güvenli olduğu görüşü, düşük seviyeli radyasyon sağlığa zararlı değildir varsayımına dayanıyor" diyor. [20]

Almanya'da Aachen Üniversitesi Elektromanyetik Çevre Uyumluluğu Araştırma Merkezi, güçlü radyo frekans alanları ile kanser teşhisi konan fareler arasında açık bir bağlantı olduğunu gösteren bir rapor hazırladı. Buna göre, iki sene boyunca günde 9 saat elektromanyetik alana maruz bırakılan farelerin beyin, kalp ve sinir sistemlerinde değişimler yaşandığı ve hücre ölümlerinin arttığı görüldü. [21]

İngiltere'de Kanser Araştırma Merkezi (CRUK) 90'lı yıllardan 2016'ya cep telefonu kullanımının yüzde 500 oranında arttığını, buna bağlı olarak beyin tümörü vakalarının da eskiye nazaran yüzde 34 oranında artış gösterdiğini açıkladı. Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi ise cep telefonlarını 2011'de "kansere yol açabilecek etken" olarak tanımlamıştı. [22]

### B. 5G Teknolojisinin İnsan Sağlığına Etkisi

Dünya Sağlık Örgütü'nün Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), 2011 yılında 30 kHz-300 GHz frekans aralığında RF radyasyonunu Grup 2B olarak 'olası' insan kanserojeni olarak sınıflandırdı. Beşinci nesil kablolu mobil iletişim altyapısı (5G), önceki nesillere göre daha yüksek veri aktarım kapasitesi sağlamak amacıyla güvenlik açısından yeni ve dolayısıyla nispeten değerlendirilmemiş destekleyici teknolojiler kullanılarak faaliyet gösterecek. [23]

Bu yeni teknoloji, veri kapasitesini artıracak ve baz istasyonlarının kapsama alanını azaltacak ve bu da baz istasyonlarının daha sık konumlandırılmasına neden olacaktır. ABD merkezli Ulusal Toksikoloji Programı (NTP), 2018'de yayınlanan iki farklı çalışmada, 2G ve 3G mobil ağlarda kullanılan radyo dalgalarına yüksek maruz kalmanın erkek sıçanlarda kalp tümörlerine neden olduğunu belirtti.

Araştırma, bir radyo baz istasyonu tarafından üretilen emr'ye maruz kalan sıçanlarda beyin ve kalp tümörlerinin görülme sıklığının arttığını bildiriyor. Bazı çalışmalar, yoğun 5G radyasyona maruz kalmanın göz ve cilt sağlığını olumsuz etkilediğine dair sonuçlarını paylaştı. Bazı çalışmalarda, bu dalga boyunun hücre ölümünü indüklediği veya inhibe ettiği ve hücre proliferasyonunu arttırdığı veya baskıladığı gösterilmiştir. Öte yandan bazı çalışmalarda herhangi bir biyolojik etki bildirilmemiş, 5G baz istasyonlarının sağlık

üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin çalışmaların bilimsel yeterliliğinin geçersiz olduğu bildirilmiştir. [24]

#### *C. 5G'nin Kurulum Pahalılığı*

5G altyapısının geliştirilmesi veya mevcut hücresel altyapıya adaptasyonların yapılması, yüksek maliyetlere neden olabilir. Yüksek hız sağlamak için ihtiyaç duyulan altyapı kurulunca, bu fiyatlar müşterileri yansıtılabilir ve kullanıcılardan çıkartılması hedeflenebilir. Fakat operatörler kullanıcıya fiyat yansıtmamak için şimdiden alternatif yöntemlere yönelmeye başladılar bile.

#### *D. Kırsal Alanlarda Kullanım*

5G kentsel alanlar için gerçekten hızlı bir bağlantı sağlayabilir fakat kırsal alanlarda yaşayan insanlar 5G bağlantısından tam anlamıyla faydalanamayacaktır. 5G operatörleri, büyük şehirleri hedef alacağı için en son kırsal kesimlerde yaşayan kullanıcılara gelmiş olacaktır.

#### *E. Cihazların Pil Sorunları*

5G'ye bağlı olan cihazların pilleri, kısa sürede bittiği görülüyor. 5G'nin cihazlarda verimli bir şekilde kullanılabilir olması için pil teknolojisinin ilerlemesi gerekiyor. Ayrıyeten, tükenmiş pillerin yanı sıra, cihazlarında 5G kullanan kullanıcılar bir hayli ısındığını iddia ediyor ve bu durumdan şikayetçi olmaya başlıyorlar.

#### *F. Sonuç*

Gelecekte insanların kaygı düzeyini artıracak olan 5G baz istasyonlarının insan sağlığı üzerinde tümör gibi hastalıklara neden olabileceği yönünde araştırmalar yapılsa da birçok çalışma baz istasyonlarının insan sağlığına tamamen zararsız olduğunu da iddia etmektedir. Günümüz dünya literatüründe 5G baz istasyonlarının insan sağlığı üzerindeki etkileri hakkında kesin bir sonuç bulunmamaktadır. Bu nedenle, 5G baz istasyonlarının insan sağlığı üzerindeki etkilerini anlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

### **VII. GELECEKTE 5G TEKNOLOJİSİNİN KULLANIM ALANLARI**

5G teknolojisi henüz çok yeni bir teknolojidir, bu yüzden bu teknolojinin insan hayatını ve dünyayı nasıl şekillendireceğini ve gelecekte hangi alanlara dokunacağını tahmin etmek zordur. Yine de çok çeşitli teknoloji ve uygulamaların geliştirilmesinde önemli bir rol oynayacağı ve bu sayede birçok sektörün güçlenmesine katkı sağlayacağı söylenebilir. 5G sayesinde geliştirilen veya gelecekte geliştirilmesi beklenen bazı teknoloji ve uygulama örnekleri aşağıdadır:

#### *A. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)*

Günlük hayatımızda sıklıkla kullandığımız nesnelerin, internet sayesinde diğer nesneler ile senkronize bir şekilde veri alışverişi yapabilmesini sağlayan bir teknolojidir. Bu teknolojiye nesneler ortamlardan veriyi toplayan, gönderen ve

üzerinde işlem yapabilen ve böylece birbirleriyle iletişim kurup birbirlerine bilgi aktarımı yapabilen web özellikli akıllı cihazlardır. Bu cihazlar sahip oldukları sensörler sayesinde topladıkları verileri bir ağ geçidine aktararak farklı cihazlar ile iletişim kurabilir ve cihazlar arasındaki bu iletişim hiçbir insan müdahalesi gerçekleşmeden oluşur. Bu teknoloji günümüzde sağlık, lojistik, bilişim, ulaşım gibi birçok farklı sektörde kullanılmaktadır. Bu teknoloji; basit işlerin cihazlar tarafından yapılması ve bu sayede insan iş yükünün azalması, kaynakların daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılması, mevcut hizmetlerin iyileştirilmesi gibi önemli avantajlar sağlar. Ayrıca birçok yeni teknolojinin gelişmesine katkıda bulunur. Örneğin otonom araç teknolojisinin gelişmesinde ve akıllı şehirler uygulamasında IoT teknolojisi önemli ölçüde kullanılır.

5G teknolojisinin, sahip olduğu yüksek veri iletim hızı ve kapasitesi sayesinde önceki nesillere göre çok daha fazla sayıda bağlı cihazı desteklemesi bekleniyor. Bu sayede gelecekte Nesnelerin İnterneti teknolojisinin daha da gelişeceğini ve insanların hayatlarına daha yakından dokunacağını söyleyebiliriz. [25]

#### *B. Otonom Araçlar*

Bu teknoloji sürücüsüz hareket edebilen araçların kullanımını ve yaygınlaşmasını amaçlar. 5G teknolojisinin verinin iletiminde daha yüksek hız ve daha az gecikme süresi sunması bu teknolojinin kullanılmasını destekler. Arabalar 5G sayesinde geliştirilen IoT teknolojisini kullanarak birbirleriyle ve yollardaki diğer cihazlarla iletişim kurarak trafik, yol, diğer araçlar hakkında bilgi alabilecek ve aldığı verilere göre hareket edecek. Mesela ulaşım istenen bir yer için oluşturulan rotada araç sayısı, yol sıkışıklığı vb. gibi etkenler fazla ise bu daha öncesinden anlaşılabilecek ve yeni rota oluşturulacak. Otonom araçlar sayesinde yollar daha verimli kullanılacak, yakıttan tasarruf edilecek, insan hatasından kaynaklanan kazalar önlenilecek ve trafik sorunları büyük oranda çözülecek. [26]

#### *C. Akıllı Şehirler*

5G teknolojisi, çeşitli cihaz ve sistemlerin birbirlerine bağlanıp iletişim kurabilmelerini sağlayıp şehirlerin daha sistemli, yaşanması kolay hale gelmesini ve bu sayede mevcut hizmetlerin verimliliğinin de artmasını sağlamak amacıyla kullanılabilir. Şehirlerde ulaşım, eğitim, sağlık, üretim ve dağıtım gibi çeşitli alanlarda cihaz ve sistemlerin kullanılması insanlara daha kesintisiz ve hızlı bir şekilde hizmet sunulmasını sağlar. Örneğin sağlık alanında, doktorların hastalara erken tanı koymaları, onlarla daha sık ve kolay iletişim kurmaları, 5G teknolojisine sahip cihazlar ile uzaktan ameliyat yapılabilmesi; ulaşım alanında tüm araçların IoT ile takip edildiği ve bu araçlardan toplanan verilerin analiz edilip trafik ve yol hakkındaki verilerin tekrar o araçlara gönderildiği, böylece ulaşım sorunlarını büyük ölçüde azaltabilen sistemlerin kurulması sağlanabilir. Akıllı şehirler uygulaması, insanların ihtiyaç ve sorunlarını daha hızlı ve kesintisiz bir şekilde çözerek ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayarak hayatı kolaylaştırabilecek bir uygulamadır. [27]

#### D. Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik

5G teknolojisinin etkileyeceği alanlardan biri de sanal ve artırılmış gerçeklik alanıdır. AR teknolojisi sanal dünya ve gerçek dünya arasında bir köprü oluşturur ve her iki tarafta da aynı anda aktif olabilmemizi sağlar. Bu teknoloji, kullandığı uygulama ve cihazlar yardımıyla dijital dünyayı gerçek dünyaya taşır. VR teknolojisi ise bilgisayarlar sayesinde kullanıcıyı gerçek gibi görünen sanal bir evrene taşır. Bu alanlardaki gelişmeler için cihazların birbirlerine bağlanabilmesi ve internet hızı çok önemlidir. 5G teknolojisiyle birlikte sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının en çok kullanıldığı oyun, reklam vb. gibi sektörlerde önemli gelişmeler yaşanabilir. [28]

#### E. Teletıp

5G teknolojisinin gelişmesiyle birlikte birden çok cihaz birbirlerine bağlanıp haberleşebilecek. 5G'nin bu özelliğinin teletıp alanında büyük gelişmelere yol açacağı tahmin ediliyor. Örneğin akıllı sağlık sistemleri sayesinde hastalar doktorlarına muayene olmadan önce sağlıklarıyla ilgili bilgi alabilecek, aciliyeti olan durumlar daha hızlı bir şekilde çözüme ulaşacaktır. 5G'nin sağlayacağı hız sayesinde AR ve VR teknolojilerindeki gelişmeler kullanılarak kafa karıştırıcı ve uzun tedavi süreçlerinin daha kolay bir şekilde çözülmesi veya durmu kritik olan hastalara yapılacak tedavilerin daha etkin bir şekilde belirlenmesi için simülasyonlar kullanılabilir. En önemlisi robotik cerrahi sayesinde, yapılacak olan acil ameliyatlara cerrahların ameliyathanede bulunmasına gerek kalmadan dünyanın her yerinden kesintisiz bir şekilde yapılabilecek. 5G teknolojisinin sağlık sektörüne sağlayacağı buna benzer daha birçok yenilik vardır. [29]

#### BİLGİLENDİRME

Bu doküman Yıldız Teknik ÜNİVERSİTESİ, Bilgisayar Mühendisliği, 3. Sınıf dersi olan BLM3051 kodlu Veri İletişimi proje ödevi olarak ele alınmıştır.

#### REFERENCES

- [1] Hoffman, Chris (2022). "What is 5G, and how fast will it be?". How-To Geek website. How-To Geek LLC. Archived from the original on January 24, 2019. Retrieved January 23, 2019.
- [2] RantCell. "Comparison of 2G 3G 4G 5G". Erişim: 20.12.2022. <https://rantcell.com/comparison-of-2g-3g-4g-5g.html>
- [3] IGI Global. "1G Technology". Erişim: 22.12.2022. <https://www.igi-global.com/dictionary/1g-technology/60663>
- [4] SlideShare. "5G Technology". Erişim: 22.12.2022. <https://www.slideshare.net/OECLIBOdishaElectron/5g-technologyppt>
- [5] Türk-İnternet. "Haberleşmede 1G'den 5G'ye". Erişim: 22.12.2022. <https://turk-internet.com/mobil-haberlesmede-1g-den-5g-ye/>

- [6] IGI Global,. "2G Technology". Erişim: 22.12.2022. <https://www.igi-global.com/dictionary/2g-technology/81>
- [7] IGI Global,. "3G Technology". Erişim: 22.12.2022. <https://www.igi-global.com/dictionary/3g-technology/114>
- [8] IGI Global,. "4G Technology". Erişim: 22.12.2022. <https://www.igi-global.com/dictionary/4g-technology/60664>
- [9] Hoffman, Chris (2022). "What is 5G, and how fast will it be?". How-To Geek website. How-To Geek LLC. Archived from the original on January 24, 2019. Retrieved January 23, 2019.
- [10] (2022). The Turkcell website. [Online]. Available: <https://www.turkcell.com.tr/5g>
- [11] (2022). Qualcomm website. [Online]. Available: <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>
- [12] (2022).Avansas blog website. [Online]. Available: <https://www.avansas.com/blog/5g-nedir-5g-ozellikleri-nelerdir>
- [13] (2022). Vargonen website. [Online]. Available: <https://www.vargonen.com/blog/5g-nedir-gelecegin-iletisim-teknolojisi/>
- [14] (2022). Bilkent website. [Online]. Available: <https://w3.bilkent.edu.tr/www/prof-arikanin-basarisi/>
- [15] (2022). Qualcomm website. [Online]. Available: <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>
- [16] ALDUBAİKHİ, Khalid, et al. mmWave IEEE 802.11 ay for 5G fixed wireless access. IEEE Wireless Communications, 2020, 27.2: 88-95.
- [17] NIU, Yong, et al. A survey of millimeter wave communications (mmWave) for 5G: opportunities and challenges. Wireless networks, 2015, 21.8: 2657-2676.
- [18] International Commission on N-Ionizing Radiation Protection(ICNIRP),<https://www.icnirp.org>
- [19] <https://emfscientist.org>
- [20] Leszczynski, Dariusz. The population health effects from 5G: Controlling the narrative. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.1082031/full>.
- [21] Aachen Üniversitesi bünyesindeki Elektromanyetik Çevre Uyumluluğu Araştırma Merkezi Sarah drießen,<https://www.deutschland-spricht-ueber-5g.de/magazin/keine-sorge-und-erst-recht-keine-angst/>
- [22] <https://www.cancerresearchuk.org>
- [23] Worlds Health Orginazation,<https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-5g-mobile-networks-and-health>
- [24] <http://cityhealthj.org/index.php/cityhealthj/article/view/20>
- [25] (2022). IoT Nedir? Oracle <https://www.oracle.com/tr/internet-of-things/what-is-iot/>
- [26] (2022). 5G ve IoT, Otonom Araçlar İçin Neden Önemli? Karel <https://www.karel.com.tr/blog/5g-ve-iot-otonom-araclar-icin-neden-onemli>
- [27] (2020, 9 Aralık). 5G Teknolojisi, Akıllı Şehir Veri Merkezlerini Dönüştürecek. ABB, Basın Bülteni <https://new.abb.com/news/tr/detail/71839/5g-teknolojisi-akilli-sehir-veri-merkezlerini-donusturecek>
- [28] Pehlivan, Gamze (2020,4 Şubat).5G Gelişimi AR ve VR Teknolojilerini Nasıl Etkiliyor? Codemodern

<https://codemodeon.com/tr/5g-gelisimi-ar-ve-vr-teknolojilerini-nasil-etkiliyor/>

- [29] Buruk, Burhan (2021, 20 Aralık). 5G Sağlık Teknolojilerini Nasıl Etkileyecek? Sağlık Teknoloji <https://www.saglikteknoloji.com/5g-teknolojisi-ve-saglik-sistemi/>