

6G İletişim Ağları ve Kuantum Makine Öğrenmesi

Dr. Cahit Karakuş

İçindekiler:

Giriş	3
1G'den 6G'ye Haberleşme Teknolojileri	5
6G Teknoloji Yakınsaması ve Gezgin Akıllı Makineler	11
6G'nin sahip olacağı potansiyel etkiler	13
5G'nin Ötesinde ve 6G'ye Doğru MIMO Teknolojileri.....	14
Kaynaklar.....	15

Giriş

5G kablosuz ağları son zamanlarda dünyanın bazı bölgelerinde kullanılmaya başlandı, ancak her şeyi bir hizmet olarak sunan, tamamen sürükleyici bir kullanıcı deneyimi yaratan ve tamamen otonom akıllı bir ağın hedefi hala çok zor. 5G'nin önümüzdeki on yıl içinde sınırlarına ulaşmasıyla, halefi 6G için tasarım hedefleri literatürde araştırılmaya başlanmıştır. Günümüz dünyasında kablosuz iletişim büyük oranda insanla ilgili olmaya devam etmektedir. Makinenin makine (M2M – Machine to Machine) ile iletişimde kullanılan 5G uygulamaları, büyük ölçüde ölçeklenebilir IoT, Nesnelerin interneti ağlarını (IoT: Internet of Things) desteklemesi ile hızla yaygınlaşmaktadır. Makinelerin otonom yönelimli iletişim endüstrisi, yüksek büyüme alanı haline geldiğinden, bu eğilim 6G ile devam edecektir.

IoT, nesnelerin interneti, farklı protokolleri kullanarak akıllı ağ yapısında, birbirlerine bağlanarak, birbirleri ile haberleşen ve bilgi üreten algılayıcılar ile donatılmış akıllı makinelerdir. Gezgin (mobil) ağlar ve internetin gelişimiyle birlikte akıllı makinelerin kişiler ile iletişim kurmaları kolaylaştı ve insanlar da onları her yerden, her zaman gözlemleme ve kontrol etme şansına sahip oldu. Yakın gelecekte birbirlerine bağlı akıllı makineler sayesinde ortaya çıkacak veri miktarı inanılmaz derecede artacak ve bu büyük verilerin çözümlenerek işlenmesi zor ve karmaşık hale gelecektir. Bunun yanında verilerin gizliliği ve güvenliği de önemli bir konu olarak karşımıza çıkacaktır.

Önümüzdeki yıllarda karşılıklı etkileşimin her nesnenin içine gireceği ve farklı nesnelerin ortak amaçlar için gezgin hareket edeceği bir döneme gireceğiz. Bu arada insanların fizyolojik ve psikolojik olarak bu değişime nasıl karşılık vereceği de önemli soru olarak kendini göstermektedir.

Son yıllarda veri analizi uygulamaları ve akıllı makineler ilgili araştırmalar güçlü bir şekilde yeniden ortaya çıkmıştır [1, 2]. Bu güçlenen ilgi kısmen klasik hesaplama yöntemlerindeki gelişmeler ve kısmen de Kuantum Hesaplama (QC - Quantum Computing) ve ilgili kuantum teknolojileri tarafından sunulan muazzam paralellik potansiyelinden kaynaklandı. Hesaplama yöntemlerindeki bu gelişmeler, Makine Öğrenmenin (ML – Machine Learning) geleneksel mantık tabanlı yaklaşımlara potansiyel bir alternatif olarak konuşlandırılmasına neden olmuştur. Bu veri güdümlü öğrenme ve kuantum destekli hesaplama yöntemleri, hizmet odaklı tamamen akıllı bir 6. Nesil (6G) iletişim ağının isteklerini gerçekleştirmede güçlü bir potansiyele sahiptir. Ortaya çıkan insan ve makine arası bağlantıyı artırma paradigmasında, ağ düğümü sayısı ve veri trafiğinde önemli bir artış beklenmektedir [3, 4].

6G ağları, 5G ağlarına kıyasla hacimsel spektral ve enerji verimliliğinde (bps / Hz / m³ cinsinden) 100 katlık bir artış sağlayacağı ve büyük bağlantılardan kaynaklanan çok karmaşık bir yapıya sahip olacağı öngörülmektedir. Küresel mobil veri trafiğinin 2020-2030 yılları arasında yıllık % 55 büyüyeceği tahmin edilmektedir [5]. Bu artan trafiği farklı ağ

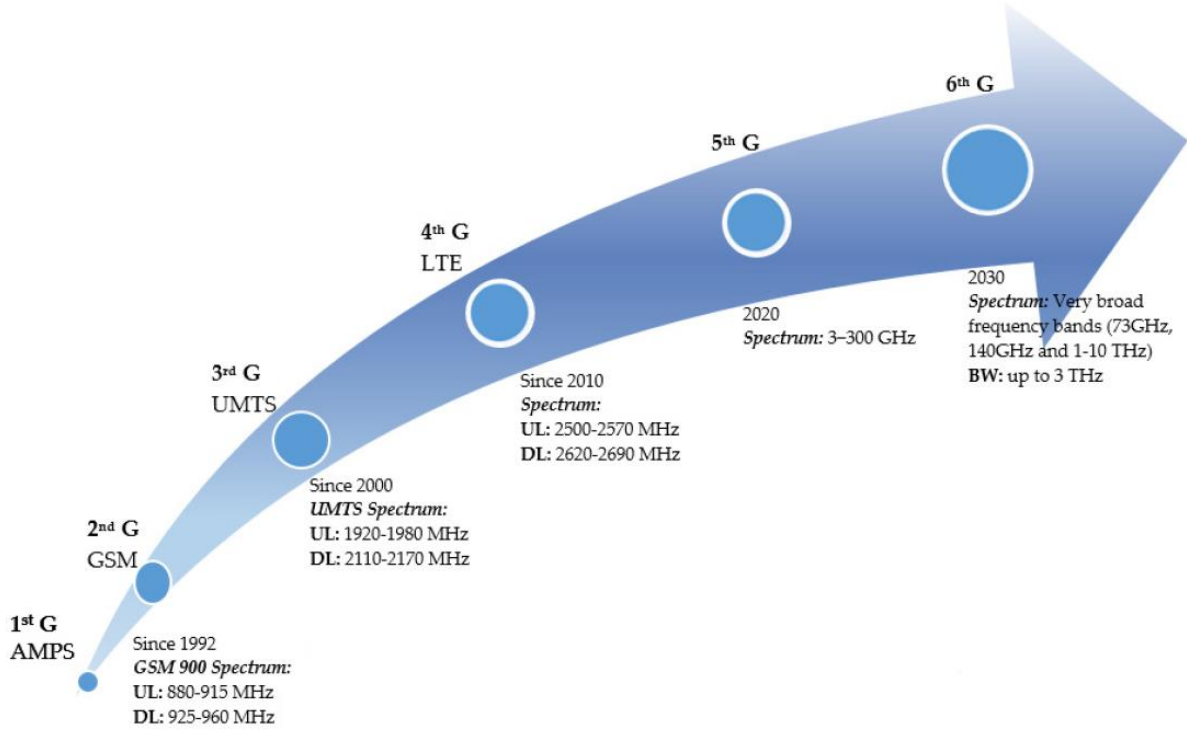
düzeylerinde yönetmek için güçlü miktarda veri işleme ve öğrenme yetenekleri geliştirilecektir. Bu amaçla, Makine Öğrenmesi (ML) ve Kuantum Hesaplama (QC) yöntemleri önemli bir kolaylaştırıcı rol oynayacaktır.

5G (B5G) ağlarının ötesinde kullanıcı ve ağ tarafında mevcut olan hacimli verilerin verimli bir şekilde işlenmesine yönelik olarak, 6G'de yapılacak çalışmalar, QC destekli ML ve Quantum ML (QML) teknolojilerini sağlayan yeni bir çerçeve sunacaktır.

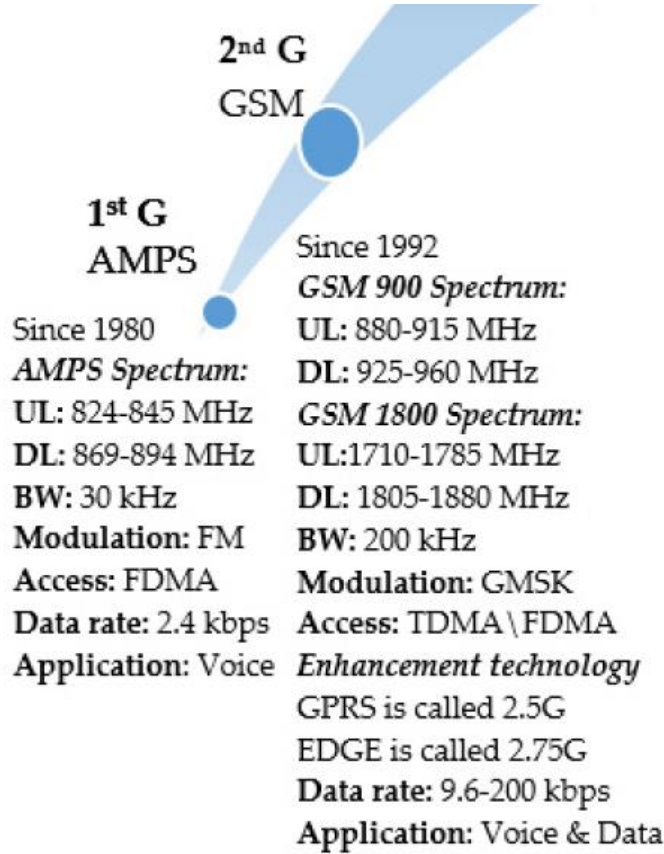
Bu çalışmada, yakın gelecekte insan yaşamında inanılmaz değişimlere yol açacak olan 5G ve 6G haberleşme teknolojileri nedir? Sorusuna yanıt aranacaktır.

1G'den 6G'ye Haberleşme Teknolojileri

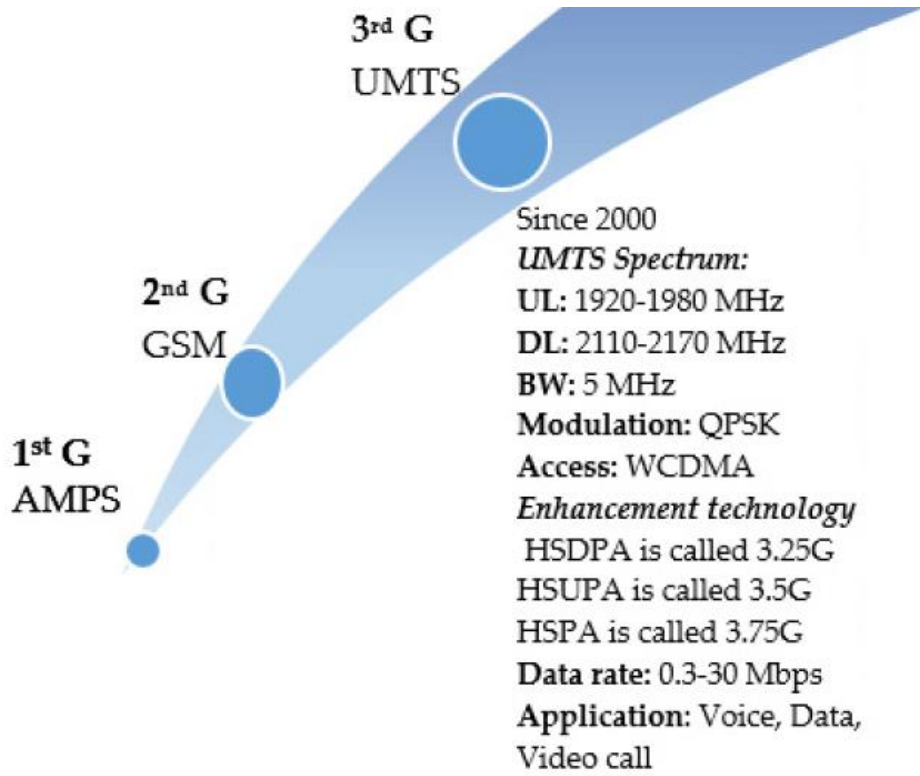
5G ve 6G teknolojileri GSM telefon haberleşmesi teknolojisinin devamı niteliğindedir. GSM telefon teknolojilerinde gelişim adımları "G" harfi ve önüne konulan rakamlar ile ifade edilmektedir. 1G (First Generation) adı ile anılan birinci nesil hücresel teknolojiler, zaman içerisinde 2G, 3G, 4G, 5G, 6G... teknolojilerinin gelişmesine öncülük etmiştir.



1G, ilk gezgin (mobil) telefon haberleşme teknolojisini tanımlar, taşıyıcı frekansları 900MHz civarındır. Birinci nesil (1G) teknolojilerde yalnızca gezgin (mobil) telefon görüşmeleri baz alındığı için iletilen veri, temel olarak ses verisiydi. 2G, gezgin (mobil) telefon haberleşmesi ile birlikte mesaj iletimini de içermektedir. 1G'ye göre daha geniş frekans kanalları kullanımı gibi değişiklikler sayesinde 2G sistemleriyle daha kaliteli ses iletimi ve saniyede kilo bit hızlarında veri iletimi sağlanmıştır.

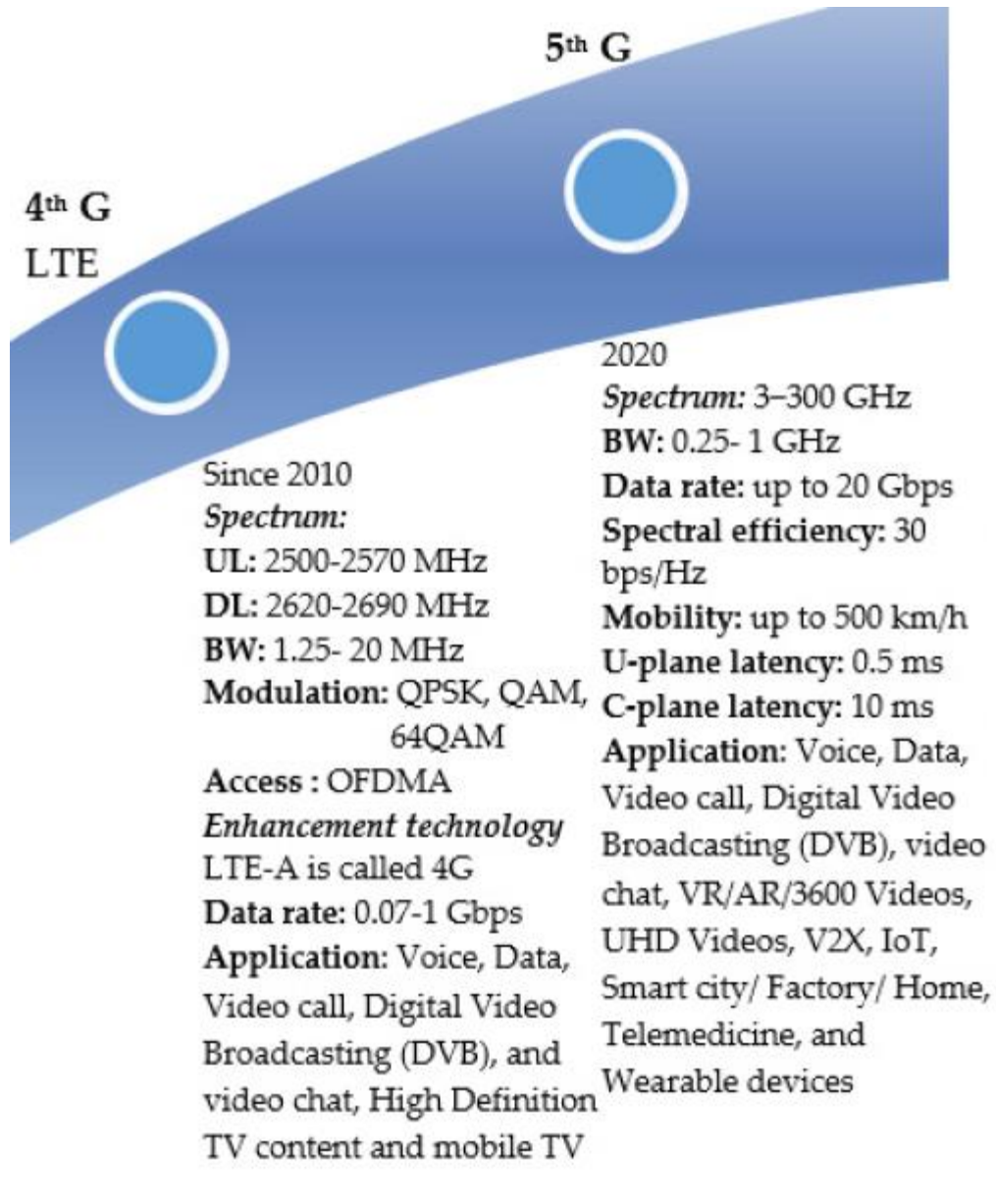


Taşıyıcı frekansları 900MHz, 1800MHz ya da 1900MHz civarındır. Gezgin telefon kullanıcı sayısının artması ve artan veri aktarımı talepleri doğrultusunda üçüncü nesil (3G) teknolojilerinin doğmasına zemin hazırlamıştır. İnternet kullanımının yaygınlaşması, görüntülü konuşma, sosyal ağların kullanımındaki büyük artışa neden olmuştur. Gezgin veri kullanımına meyilli akıllı cihazların kullanımının yaygınlaşması ile tüketicilerin kullanım alışkanlıkları ve beklentileri değişime uğramıştır. Artık ses haberleşmesi yerine veri iletimi konusu ağırlıklı olarak gündeme gelmeye başlamıştır. 2010'lu yılların başından itibaren kullanılmaya başlayan dördüncü nesil (4G) sistemleriyle daha ileri seviye modülasyon ve kodlama teknikleri, çoklu anten sistemleri ve çok daha geniş frekans kanalları kullanılmaya başlanmıştır. Taşıyıcı frekansları bir önceki nesillerde kullanılan frekanslar ile birlikte 700MHz ile 2700MHz taşıyıcı frekanslarını içermektedir. Ayrıca 2400 MHz de ısıtma yapan Wi-Fi bağlantısı mevcuttur.

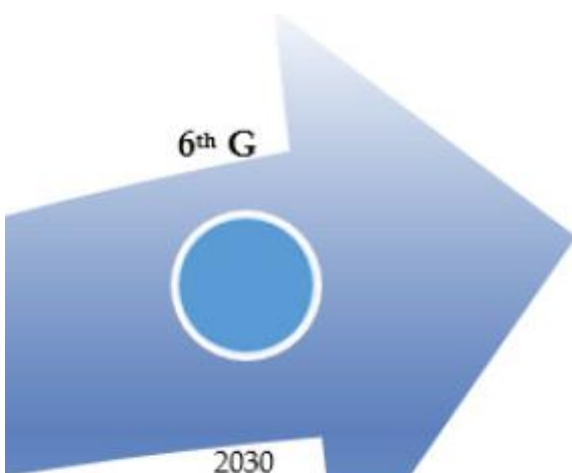


3G'ye göre, LTE (Long-Term Evolution) ağırları tarafından kullanılan radyo frekans spektrumu 700 MHz ila 2.7GHz arasında değişmektedir. Teorik olarak, uzamsal çoğullama olarak da adlandırılan çok girişli çok çıkışlı (MIMO) anten sistemi kullanıldığında, LTE pik veri hızları yukarı bağlantı için 75 Mb/s ve aşağı bağlantı için 300 Mb/s'dir.

5G haberleşme teknolojileri için frekans bantları iki farklı frekans aralığına ayrılmaktadır. Birincisi, bazıları önceki standartlar tarafından geleneksel olarak kullanılan bantlar olan ancak 410 MHz'den 7125 MHz'e kadar potansiyel yeni spektrum tekliflerini kapsayacak şekilde genişletilen 6GHz altı frekans bantlarını içeren Frekans Aralığı 1 (FR1) dir. Diğeri ise 24.25 GHz ila 52.6 GHz frekans bantlarını içeren Frekans Aralığı 2'dir (FR2) dir. Bu milimetre dalga aralığındaki bantların aralığı daha kısadır ancak FR1'deki bantlardan daha yüksek kullanılabilir bant genişliğine sahiptir.



Büyük miktarlarda verinin bilgiye dönüştürme işlevinde önemli ölçüde 5G'den daha yüksek veri hızlarına gereksinim olacaktır. 6G iletişim teknolojisi, çok yüksek mikrodalga frekanslarında (95 GHz ila 3 THz), verileri bilgilere dönüştürmek için akıllı makinelerin yanı sıra büyük veri analizi teknolojileri de kullanılacaktır.



6th G

2030

Spectrum: Very broad frequency bands (73GHz, 140GHz and 1-10 THz)

BW: up to 3 THz

Data rate: > 1 Tbps

Spectral efficiency: 100 bps/Hz

Mobility: up to 1000 km/h

U-plane latency: < 0.1 ms

C-plane latency: < 1 ms

Application: Voice, Data, Video call, Digital Video Broadcasting (DVB), and video chat, High Definition TV, Three-Dimensional Integrated Communications, Tactile/Haptic Internet, Full-sensory digital sensing and reality, Fully automated driving, Industrial Internet, and Internet of bio-nano-things

5G ve ötesinde 6G teknolojileri, gezgin algılayıcılar ile donatılmış akıllı makinelerin ve otomasyon sistemlerinin ihtiyaç duyacağı veri haberleşmesini desteklemektedir. Özellikle 6G taşıyıcı frekansları son derece yüksek frekans bantları olan 95 GHz ile 3 THz'i içermektedir. Böylece üst frekans bandında sadece, çok yüksek hızlarda veri transfer edilmeyecek aynı anda yüksek hızlarda veri işleme ve örnekleme işlevleri de yerine getirilecektir. Burada amaç gezgin sistemlerin yakın mesafelerde birbirleri ile çok yüksek hızlarda veri iletişimi sağlamak olacaktır. Uzak mesafelerde ise baz istasyonları üzerinden evresel internet alt yapısı kullanılacaktır. Örneğin, şoförsüz arabalar yolda ilerlerken etrafındaki arabalar ile üst frekans bölgesi olan 6G ile, daha ilerisindeki ve daha gerisindeki arabalar ile baz istasyonları üzerinden veri haberleşmesi yapacaktır. Araçlar yol üzerinde bilgi üreten RFID algılayıcıları ile kablosuz iletişim kuracaktır. Başka bir şehirdeki arabalar ya da belirli merkezler ile haberleşmesi ise akıllı ağ yapısı üzerinden olacaktır. Birbirleri ile paylaştıkları devasa boyuttaki verileri çok yüksek hızlarda işleyerek elde edecekleri bilgiler ile insandan bağımsız otonom karar verecekler.

Söz gelimi yolda şoförsüz arabalar kendi aralarında birbirleri ile evinizde tüm akıllı ev aletleri de kendi aralarında birbirleri haberleşecekleri gibi arabalar ev aletleri ile de haberleşerek veri paylaşarak otonom karar verecekler. Evde yardımcı robotlarınız olacak. Robotlarınız sipariş verecek, yemek pişirecek, ortalığı düzeltecek, size kahve yapıp getireceği gibi sağlığınıza da izleyecek. Sizin hastalıklarınızı iyi bilecek. Misafirleriniz gelirse onları çok iyi tanıyor olacak. Tüm stratejik bilgileriniz akıllı makineler biliyor olacak, aynı zamanda veri tabanınızda başka bir yerde, başka birilerinin kontrolünde olacak. Uçan, yüzen, tırmanan, sürünen ve yürüyen gezgin makineler birbirleri ile etkileşimli haberleşecektir. Robotlar her yerde, şoförsüz arabalar yollarda daha çok görülecektir. Söz gelimi buzdolabınızın ve kiler deponuzun iki kapağı olacak, biri sokağa, diğeri mutfaka bakacak. Buzdolabınız ya da kileriniz boşaldıkça dışarıdan birileri sürekli dolduracaktır. Nano boyutlarda akıllı robotlar çok yakında görünmeyen yerlerde dolaşıyor olacaklardır. İnsanların damarlarında dolaşacak nano akıllı robotlar sürekli sağlıklarını gözetleyecekler ve gerektiğinde müdahale edecekler. Maden sahalarında, yeraltı dehlizlerde robotlar dolaşıyor olacaktır. Bu nedenle etrafımızda çok fazla birbirleri ile kablosuz haberleşen gezgin akıllı makineler görünür olacaktır. Söz gelimi, felç geçiren birinin yaşam standartları iyileştirilecek. İstekleri, sağlığı izlenecek. Uzaktan nesneler analiz edilecek. Bu sistemlerin tümü 5G ve 6G kablosuz haberleşme sistemlerini kullanacaklar. İnsanlara chip takılacağı üzerine yoğun komple teorileri de üretilmektedir.

6G Teknoloji Yakınsaması ve Gezgin Akıllı Makineler

İnsanların kablosuz kullanımı ile ilgili olarak, öncelikle ses iletişiminden mesajlaşma ve sosyal paylaşım için veri kullanımı içeren dijital değişimlere doğru temel davranış değişimlerine tanık olduk. Sesli olmayan insan iletişimine yönelik bu geçiş, telefon kullanıcılarının Facebook'ta bir güncelleme yayınlama veya bir resim veya video paylaşma gibi aktif katılımına dayanmaktadır. Akıllı makineler, insan davranışlarını bağımsız olarak algılayabildiğinden ve her şeyi dijital olarak kataloglayabildiğinden, 6G ile farklı bir değişim başlayacaktır. Bilgileri elle paylaşmak için insanlara güvenmek yerine, akıllı makineler tüm insan olaylarını dijital hale getirecektir. 6G sistemleri ile, sadece veri haberleşmesi olmayacak, büyük olasılıkla, hangi olayların en alakalı olduğunu belirlemek için yapay zeka (Artificial Intelligence – AI) kullanılacak ve ilgili taraflara otomatik olarak bir haber ya da bilgi güncellemesi olarak sunulacaktır.

6G teknolojisi, daha önce hiç olmadığı kadar farklı teknolojilerinin entegre edilmesinde önemli rol oynayacaktır. Özellikle gezgin akıllı makinelerde, büyük veri analizi ve bilgi işlem dahil olmak üzere birçok önemli teknoloji 6G ile birleşecek. Mobil uç bilgi işlem (MEC - Mobile Edge Computing) eklenmesi, 5G ağlarına ek olarak dikkate alınması gereken bir nokta olsa da, MEC'ler tüm 6G ağlarına kurulacaktır. Uç ve çekirdek bilgi işlem sistemleri, 6G ağları ile iletişime geçtikleri zaman, bütünlük iletişim veya hesaplama altyapısına çok daha sorunsuz bir şekilde çalışıyor olacaklar.

6G teknolojisi operasyonel hale geldikçe akıllı makinelerin yetenekleri daha iyi erişim, daha hızlı veri işleme gibi birçok potansiyel avantaj sağlayacaktır. Yapay zeka algoritmaları ile birlikte çalışan, hesaplama altyapısı, veri depolama, veri işleme ve veri paylaşımı ile ilgili kararları içeren bilgi işlemin gerçekleşeceği en iyi yeri bağımsız olarak belirlenecektir.

6G mikrodalga sinyalleri yüksek yönlülük, yüksek frekanslı iletişim gibi birçok zorluğa rağmen, birçok potansiyel avantajı da vardır. Bu, hücresel ağlar mikrodalga iletişim düzeyinde güvenliği ve gizliliği geliştirme potansiyeline sahiptir. Bu, oldukça mikrodalga mühendisliğinin yanı sıra çok daha fazla hücre bölgesini ve anteni desteklemek için önemli altyapı ve operasyonel maliyetlerini kapsamaktadır.

Akıllı ağ alt yapısının operasyonuna ilişkin sorunlarının ötesine bakıldığında, 6G aynı zamanda birçok yeni uygulama, hizmet ve algılama, görüntüleme ve konum belirleme alanlarında geliştirilecek çözümlerle ilgili faydalar için potansiyel sağlayacaktır.

Daha yüksek frekanslar, çok daha hızlı örnekleme oranlarının yanı sıra önemli ölçüde daha yüksek doğruluk sağlayacaktır. Örneğin, 1 milimetreden daha küçük dalga boyları ve göreceli elektromanyetik ışıma oranlarını belirlemek için frekans seçiciliğinin kombinasyonu, kablosuz algılama çözümlerinde potansiyel olarak önemli ilerlemelere yol açacaktır.

6G kablosuz algılama çözümleri, elektromanyetik ışımanın seviyesini ölçmek ve böylece mevcut haberleşme tipini belirlemek için seçici olarak farklı frekanslar kullanabilir. Bu, 1800'lerin ortalarında atomların ve moleküllerin karakteristik frekanslarda elektromanyetik ışımanın yaydığı frekansların keşfine dayanmaktadır. Frekans tarama spektroskopisi olarak adlandırılan bu yetenek, bir nesnenin varlığını ve kompozisyonunu, elektromanyetik ışımanın frekansını farklı frekanslarda ışıma derecesine göre algılama yeteneği sağlar.

Gelişmiş anten teknolojilerinin nasıl olabileceğine bağlı olarak, bir nesnenin malzemesini ve uzamsal yönelimini çok yüksek bir doğrulukla belirleyebilecek yüksek yönlü, yüksek frekanslı 6G mikrodalga sinyallerinin gelecekteki aralıtlarmada potansiyeli vardır. Bu elbette çok yüksek veri iletişim verimi ve malzeme bileşimi, yönelimini belirlemek için işlenmesi gereken çok miktarda veri birikimine de bağlı olacaktır.

Görüntüleme açısından, 6G sistemleri aynı zamanda hem elektromanyetik ışımayı algılama (Radar - RAdio Detection And Ranging) hemde uzaklık ölçümü (LIDAR - Light Detection and Ranging; veya Laser Imaging Detection and Ranging) gibi mevcut sistemlerin yeteneklerini geliştirme potansiyeline sahiptir. Örneğin cisimlerin köşelerini görebilme gibi. 6G haberleşme teknolojileri ile geliştirilecek tamamlayıcı teknolojiler yüksek çözünürlüklü video çözünürlüğü görüntüleme potansiyeli sağlayacaktır.

Radar çözümlerinde 6G sinyallerinin zayıflama sorunları 5G'den çok daha şiddetlidir. Ancak uzaklık belirlemede kullanılan LIDAR durumunda, 6G görüntüleme aslında hava ve ortam ışığından çok daha fazla etkilendiği için çevresel parazit perspektifinden dolayı olumlu çözümler geliştirilecektir.

6G algılama ve görüntüleme sistemleri, gerçek zamanlı video gerektirebilecek çeşitli çözümler için depolanması, işlenmesi ve oluşturulması gereken muazzam miktarlarda veri toplayacaktır. Bu, yüksek derecede bilgi işleme gücüne ihtiyaç duyulacaktır.

Hassas konumlandırma açısından, 6G sistemleri, çevre hakkında önceden herhangi bir veriye sahip olması gerekmeden santimetre seviyesine kadar son derece hassas konum tespiti sağlamak için gelişmiş algılama yetenekleri ve yüksek çözünürlüklü görüntüleme sistemlerini birlikte kullanabilir. Bunun, bir nesnenin tipini, bileşenlerini, yönünü ve konumunu son derece yüksek bir doğrulukla belirleme yeteneği üzerinde büyük etkileri vardır.

6G'nin sahip olacağı potansiyel etkiler

6G'nin konuşlandırılması ve operasyonları açısından sahip olacağı potansiyel etkiler:

- Çok miktarda veri ve yeni nesil uygulamalardan işlemciye ihtiyacı nedeniyle, Yüksek Performanslı Hesaplama (HPC - High performance Calculation) ve kuantum hesaplama çözümlerine büyük bir genel ihtiyaç olacaktır. Ayrıca, görüntüleme, algılama, konumlandırma ve HPC ve kuantum hesaplama platformları gerektiren diğer alanlarda da 6G teknoloji pazarı tarafından desteklenen belirli uygulamalar olacaktır.
- Kurumsal ve endüstriyel çözümler ve özel ağlar için son derece faydalı olsa da, 5G'nin kitlesel pazar hizmetlerinin tam anlamıyla uygulanamayacağına inanılmaktadır. Şu an bu pazarı kavramak zordur, ancak 5G, 10 yıl sonra 3G'nin LTE için gerekli bir basamak taşı olarak kabul edildiği bir düşünce oluşacaktır. Milisaniye gecikmeleri, yeni nesil uygulamalara çok daha fazla ilgi göstermenin yolunu açacak ve 6G teknoloji pazarı mikro saniye gecikme uygulamaları nedeniyle önemli ölçüde iyileştirilmiş bir kullanıcı deneyimi için kitlesel pazar cazibesini artıracaktır.
- Dijital teknolojilerin ve fiziksel sistemlerin (siber-biyolojik entegrasyonu dahil) çok daha fazla verim, önemli ölçüde daha düşük gecikme süresi ve bütünleşme birleşimi, kullanıcı deneyiminde önemli gelişmeler ve kavramsal iyileştirmeler anlamına gelmektedir. Aslında, 5G'den 6G tabanlı uygulamalara ve hizmetlere yönelik iyileştirme, son kullanıcılar için ortaya çıkan birçok hizmeti sunacaktır. Örneğin, Fikir Ticareti (brain commerce), 6G teknoloji pazarı akıllı makineler ve yeni nesil kullanıcı cihazlarından sadece gerçeklikten ayırt edilemeyen değil, aynı zamanda gerçeği yeniden tanımlayacak şekilde dönüştürücü olan sürükleyici bir deneyim için güçlendirdiği için hiper gerçeklik elde edilebilir.

5G'nin iş kullanıcıları üzerinde büyük bir etkisi ve tüketiciler üzerinde çok daha küçük bir etkisi olacak olsa da, 6G teknoloji pazarı hemen hemen her insanın yaşamını, çalışmasını ve gezegende oynadığı rolünü değiştirecektir. 5G tarafından yapılan küçük hücre kapsama alanı, uydular ve radyo erişim ağı teknolojilerindeki iyileştirmeler olacaktır. Ancak 6G'nin biyo- HPC ve kuantum hesaplama teknolojilerine erişebilirliği tıbbi, görüntüleme, akustik, akıllı makineler, robotik ve bilgi işlemdeki gelişmeler endüstri sektöründe benzeri olmayan etkileri olacaktır.

5G'nin Ötesinde ve 6G'ye Doğru MIMO Teknolojileri

Toplumun kablosuz iletişime olan güvenin artması ve yıkıcı uygulamaların ortaya çıkması (örneğin akıllı şehirler, dijital ekonomi ve tarım ve e-sağlık) 5G kablosuz ağlarının geliştirilmesini şart koşturmuştur. Son zamanlarda, büyük MIMO'lu 5G Yeni Radyo'nun (NR) ilk sürümü 3GPP tarafından standartlaştırıldı ve ilgili ticari ağlar 2018'de gerçekleşti. Bu ilk 5G NR'nin çok yüksek veri akışı, iletişim güvenilirliği ve ağ bağlantısı sunması bekleniyor, bu 5G NR'nin MIMO teknolojileri ile ilgili olarak daha önceki çalışmalarda tatmin edici bir şekilde ele alınmayan birçok teknik zorluk bulunmaktadır. Mevcut 5G, gelecekteki yüksek bağlantı, ultra düşük gecikmeler, süper yoğun ağ, yüksek güvenlik ve kablosuz güç aktarımı gibi gelecekteki kablosuz sistemlerin birçok talebini hala karşılayamıyor. Ayrıca, mobil ağların tarihsel gelişimi yaklaşık 10 yılda bir yeni kuşağa tanıklık etmiştir. Bu nedenle, şimdi 5G'nin ötesinde gelişmiş teknolojileri araştırmanın tam zamanı. Holografik masif MIMO, hücresiz masif MIMO, geniş akıllı yüzeyler, THz iletişim, makine öğrenimi ve yapay zeka tabanlı tekniklerin 5G'nin ötesinde potansiyel teknolojiler olduğu düşünülmüştür. Bunlar, birçok sorunun ve soruların uygulamaya konulmadan önce hala ele alınması gereken yeni teknolojilerdir.

Özel oturumun amacı, 5G'nin ötesine ve 6G'ye doğru potansiyel gelişim vizyonu ile MIMO sistemlerinin gelişmiş teknolojilerini istemektir. Bu özel oturum, akademik ve endüstriyel araştırmacıları bu bağlamda potansiyel kullanım durumlarını, açık araştırma sorunlarını, teknik zorlukları ve çözüm yöntemlerini belirlemek ve tartışmak üzere bir araya getirecektir.

Kaynaklar

- [1] R. S. Michalski, J. G. Carbonell, and T. M. Mitchell, Machine learning: An artificial intelligence approach. Springer Science & Business Media, 2013.
- [2] A. Gupta and R. K. Jha, "A survey of 5G network: Architecture and emerging technologies," IEEE Access, vol. 3, pp. 1206–1232, Jul. 2015.
- [3] M. E. Morocho-Cayamcela and W. Lim, "Artificial Intelligence in 5G Technology: A Survey," in 2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), no. 1. IEEE, 2018, pp. 860–865.
- [4] C. Zhang, P. Patras, and H. Haddadi, "Deep Learning in Mobile and Wireless Networking: A Survey," IEEE Commun. Surv. Tutor., pp. 1–1, 2019.
- [5] I. T. U. (ITU), "IMT traffic estimates for the years 2020 to 2030," Report ITU-R M. 2370–0, ITU-R Radiocommunication Sector of ITU, 2015.