

به نام خدا



دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده برق و کامپیوتر



مخابرات بی سیم

عنوان مقاله:

Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies

محمد حیدری

810197494

استاد درس:

دکتر صباغیان

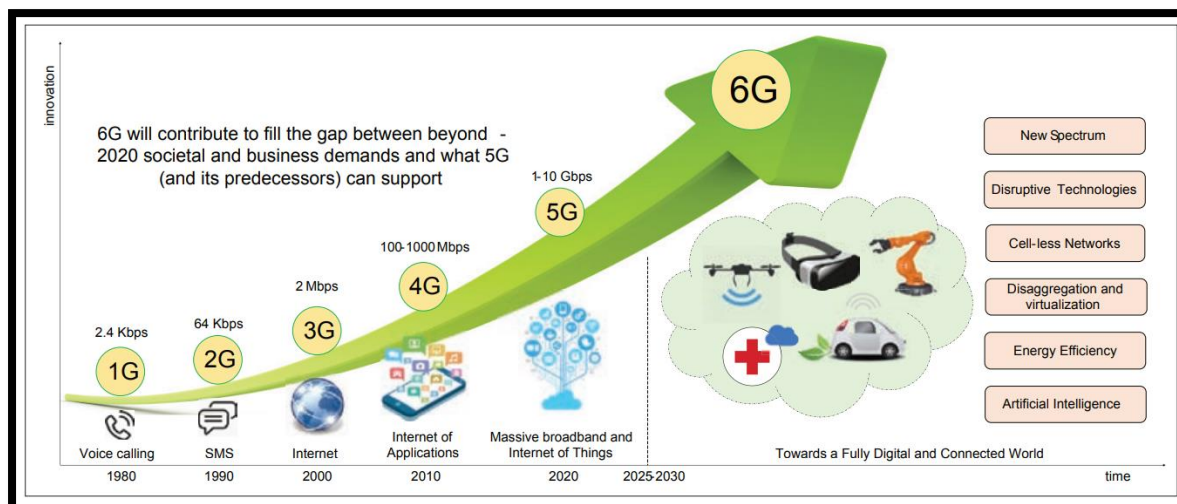
تیر ماه 1401

فهرست:

3	چکیده:
4	مقدمه:
6	مواردی از کیس های کاربردی (6G):
6	واقعیت افزوده و واقعیت مجازی:
7	حضور از راه دور هولوگرافیک (تلپورتاسیون):
7	ای-هلس:
7	اتصال فراگیر
8	رباتیک:
8	تحرك بدون سرنشین:
8	فناوری های توانمندکننده ی 6G:
8	فن آوری های ارتباطی درهم گسیخته:
14	نتیجه گیری:

اتصال امن داده ها برای جهان دیجیتال، هوشمند و رو به خودکار شدن امروزی حیاتی است. با توسعه نسل های جدیدتر شبکه های مخابراتی و آن هم در دنیای فوق دیجیتالی امروز، نیاز به اتصال دیجیتالی همه چیز از جمله افراد به وسایل نقلیه، حسگرها، داده ها، منابع ابری¹ و حتی وجود یک شبکه یکپارچه که متصل کننده دستگاه های خودران باشد شدت احساس میشود. شبکه های بی سیم نسل پنجم (5G) که در حال حاضر در حال گسترش هستند، پیشرفت های قابل توجهی فراتر از (LTE) ارائه می دهند، اما ممکن است نتوانند بکلی نیازهای جامعه دیجیتال آینده را برآورده کنند. بنابراین، این مقاله فناوری هایی را مورد بحث قرار می دهد که شبکه های بی سیم را به سمت نسل ششم (6G) تکامل می دهند و ما این نسل از ارتباطات را به عنوان ابزاری توانمند برای تحقق تکنولوژی های یادشده بکار می بریم و یک چشم انداز کامل سیستمی در مورد سناریوها و ملزومات (6G) ارائه می کنیم و فناوری هایی از آن را انتخاب می کنیم که می تواند با بهبود طراحی (5G) یا با معرفی الگوهای ارتباطی جدید، آنها را برآورده کند.

همانطور که در تصویر زیر نشان داده شده است، هر نسل از فناوری تلفن همراه، از نسل اول تا پنجم (5G)، برای پاسخگویی به یکسری نیازهای خاص از کاربران و اپراتورهای شبکه طراحی شده است. امروزه جوامع خیلی بیشتر از قبل در حال تبدیل شدن به جوامعی داده محور¹ و خودکار² هستند. سیستم های خودکار به جاده ها، اقیانوس ها و فضای هوایی ما وارد می شوند. میلیون ها حسگر در شهرها، خانه ها و محیط های تولید تعبیه می شوند و سیستم های جدیدی که توسط هوش مصنوعی در محیط های ابری³ کار می کنند، تعداد زیادی از برنامه های کاربردی جدید را امکان پذیر خواهند کرد.



تصویر 1: تکامل شبکه های سلولی از 1G به 6G با بیان جنبه کاربردی هر نسل.

شبکه های ارتباطی، کارکرد سیستم عصبی همچین سیستم های هوشمندی را تضمین می کنند. با این حال، داشتن همچین شبکه عظیمی از دیتاها بلاک های محاسبه گر قوی تری را طلب میکند. شبکه ها باید مقادیر بسیار بیشتری از داده ها را با سرعت های بسیار بالاتر انتقال دهند. علاوه بر روندی که قبلاً در (4G) و (5G) آغاز شده است، اتصالات نسل ششم (6G) فراتر از ارتباطات شخصی به سمت واقعی سازی کامل الگوی اینترنت اشیا (IoT) حرکت می کند و نه تنها افراد، بلکه منابع محاسباتی، وسایل نقلیه، دستگاه ها، پوشیدنی ها⁴، حسگرها و حتی عوامل رباتیک را نیز به هم متصل می کند.

شبکه (5G) گام مهمی در جهت توسعه یک شبکه دسترسی کم تأخیر⁵ با ارائه مسیرهای عصبی بی سیم⁶ از طریق موارد زیر برداشته است:

- باندهای فرکانسی جدید، مانند طیف موج میلیمتری (mmWave)
- استفاده و مدیریت طیف پیشرفته در باندهای مجاز و غیرمجاز
- بازطراحی کامل هسته شبکه

¹ data-centric

² automated

³ cloud and fog environments

⁴ Wearables

⁵ low-latency

⁶ wireless nerve

علیرغم توسعه سریع فرآیندهای داده محور و خودکار و ظهور سیستم های نوظهور، که به مقیاس سرعتی در حد ترابیت در ثانیه، تأخیر صدها میکروثانیه و تعداد 10^7 اتصال در هر کیلومتر مربع نیز توانمند شده اند بلاک های محاسباتی مورد نیاز حتی از توانمندی این سیستم های نوظهور (5G) نیز فراتر می روند و این خود چالشی بزرگ برای گام نهادن در این مسیر است.

بحث فوق اخیراً محققان را برانگیخته است تا نسل جدیدی از شبکه های بی سیم، یعنی سیستم های (6G) را بررسی کنند.

در این میان، هدف گسترده این مقاله این است که بفهمیم کدام فناوری ها می توانند شبکه های (6G) را شناسایی کرده و راه حل های توانمندی را ارائه دهند. به طور خاص، این مقاله چندین سناریو بالقوه را برای سیستم های بهم متصل آینده در نظر می گیرد و تلاش می کند الزامات کلیدی آنها را از نظر توان عملیاتی، تأخیر، اتصال و سایر عوامل تخمین بزند. مهمتر از همه، ما چندین مورد استفاده را شناسایی می کنیم که فراتر از عملکرد سیستم های (5G) در حال توسعه است و نشان می دهیم که چرا باید به تکامل بلند مدت فراتر از (5G) فکر کرد. تحلیل ما نشان می دهد که برای برآورده کردن این خواسته ها، فناوری های ارتباطی، معماری شبکه و مدل های استقرار کاملاً جدیدی مورد نیاز است. به طور خاص، ما موارد زیر را مطرح میکنیم:

- فناوری های مخرب ارتباطی جدید:

اگرچه شبکه های (5G) قبلاً برای کار در فرکانس های بسیار بالا به عنوان مثال، در باندهای *mmWave* در *NR* طراحی شده اند، (6G) می تواند از فناوری های حتی با طیف بالاتر، به عنوان مثال، از طریق ترانزیت و مخابرات اپتیکال بهره مند شود.

- معماری های شبکه نوآورانه:

علیرغم پیشرفت های (5G) به سمت تنظیمات شبکه کارآمدتر، ناهمگونی برنامه های شبکه آینده و نیاز به پوشش سه بعدی، الگوهای جدید معماری بدون سلول را بر اساس ادغام دقیق فناوری های ارتباطی مختلف، هم برای دسترسی و هم درمورد جداسازی و مجازی سازی تجهیزات شبکه می طلبد.

- ادغام هوشمندی در شبکه:

ما انتظار داریم که (6G) اطلاعات را از امکانات محاسباتی متمرکز به پایانه ها بیاورد و از این طریق پیاده سازی مشخصی را برای مدل های یادگیری توزیع شده که از نقطه نظر تئوری در زمینه (5G) مورد مطالعه قرار گرفته اند، ارائه دهد. یادگیری بدون نظارت¹ و اشتراک دانش، تصمیمات شبکه بلادرنگ² را از طریق پیش بینی³ ارتقا می دهد.

این مقاله به طور متمایز یک رویکرد سیستماتیک را در تجزیه و تحلیل چالش های تحقیقاتی مرتبط با کارهای شبکه (6G) اتخاذ می کند، و یک چشم انداز کامل، با ملاحظات مربوط به استفاده از طیف، دسترسی متوسط فیزیکی⁴، لایه های بالاتر، معماری شبکه و هوش برای (6G) ارائه میدهد. ما از میان چندین نوآوری ممکن، راه حل هایی را انتخاب کرده ایم که از نظر ما پتانسیل بالایی را برای سیستم های (6G) آینده نشان می دهند. ما معتقدیم که ترکیبی از فناوری های نوآورانه و تکامل شبکه های کنونی شایسته است که به عنوان نسل جدیدی از شبکه های تلفن همراه شناسایی شود، زیرا این راه حل ها به طور کامل مورد توجه قرار نگرفته یا نمی توان به آن پرداخت و یا به درستی در توسعه استانداردهای فعلی (5G) گنجانده نشده است، و بنابراین بخشی از استقرار تجاری (5G) نخواهد بود. ما انتظار داریم تحقیقات ما تلاش های تحقیقاتی را برای تعریف ارتباطات و فناوری های شبکه جدید برای برآورده کردن الزامات موارد استفاده از (6G) ارتقا دهد.

¹ Unsupervised learning

² Real Time

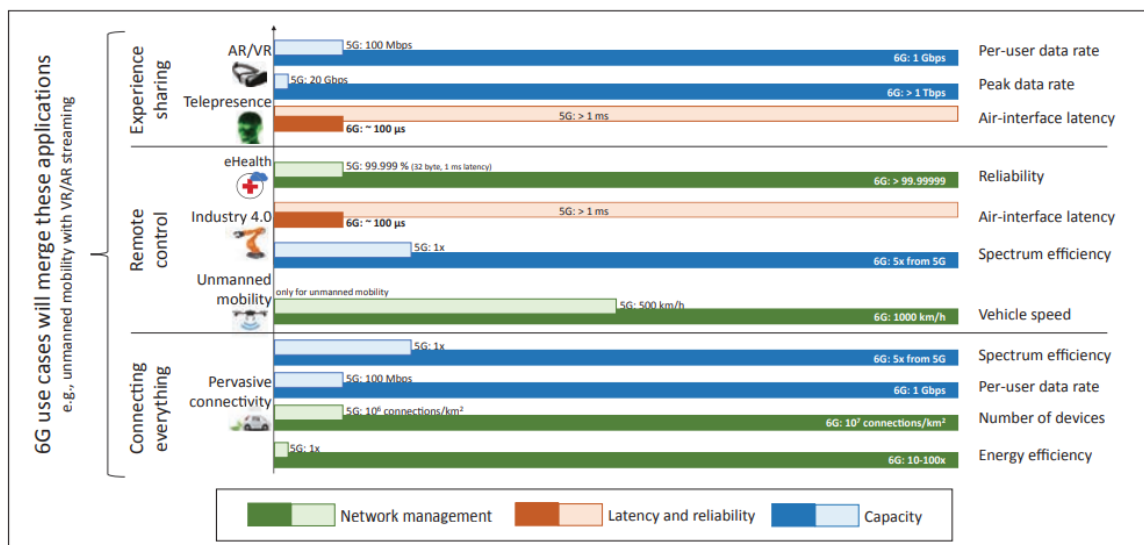
³ Prediction

⁴ physical, medium access

مواردی از کیس های کاربردی (6G):

(5G) معاوضه هایی را در مورد تأخیر^۱، انرژی، هزینه ها، پیچیدگی سخت افزار، توان عملیاتی و قابلیت اطمینان بطور کامل ارائه می کند. به عنوان مثال، الزامات مربوط به پهنای باند سیار و ارتباطات با تأخیر کم قابل اعتماد^۲ توسط تنظیمات مختلف شبکه های (5G) بررسی می شوند. برعکس، (6G) برای برآورده کردن نیازهای شبکه (مانند قابلیت اطمینان فوق العاده بالا، ظرفیت، کارایی و تأخیر کم) به شکلی جامع، با توجه به پیش بینی های اقتصادی، اجتماعی، فناوری شرایط محیطی عصر 2030 توسعه خواهد یافت.

در این بخش، ویژگی ها و الزامات پیش بینی شده مواردی را بررسی می کنیم که به دلیل کلیت و مکمل بودنشان، اعتقاد بر این است که خدمات (6G) آینده را به خوبی نشان می دهند. شکل 2 یک نمای جامع از سناریوها از نظر شاخص های عملکرد کلیدی مختلف (KPI) ارائه می دهد.



تصویر 2: نمایش چندین KPI از موارد استفاده 6G، همراه با پیشرفت ها در رابطه با شبکه های 5G، با استفاده از داده های [9-1].

واقعیت افزوده و واقعیت مجازی:

سیستم های (5G) پتانسیل *video-over-wireless* را که یکی از پرتعدادترین برنامه های کاربردی داده در آن زمان بود، باز کرد. استفاده روزافزون از خدمات پخش و چند رسانه ای در حال حاضر طیف جدیدی (*mmWaves*) را برای تضمین ظرفیت بالاتر در (5G) توجیه می کند. با این حال، این فرصت چند گیگابیت در ثانیه در حال جذب برنامه های کاربردی جدیدی است که بیشتر از محتوای چندرسانه ای دوبعدی از نظر داده سنگین هستند: (5G) باعث پذیرش اولیه واقعیت افزوده/مجازی (AR/VR) خواهد شد. سپس، درست مانند شبکه های (4G) اشباع شده بی سیم^۳، تکثیر برنامه های AR/VR طیف (5G) را تخلیه می کند و به ظرفیت سیستمی بالاتر از 1 ترابایت بر ثانیه برخلاف هدف معمول 20 گیگابیت در ثانیه که برای (5G) تعریف شده است نیاز دارد. علاوه بر این، برای برآورده کردن الزامات تأخیر که تعامل بلادرنگ^۴ کاربر را در محیط غوطه ور می سازد، AR/VR نمی تواند فشرده شود (کدگذاری و رمزگشایی فرآیندی زمان بر است). بنابراین، برخلاف هدف راحت تر 100 مگابیت بر ثانیه (5G)، نرخ داده به ازای هر کاربر باید گیگابیت بر ثانیه باشد.

¹ Latency

² reliable

³ video-over-wireless saturated 4G networks

⁴ Real-Time

حضور از راه دور هولوگرافیک (تلهپورتاسیون)^۱:

تمایل انسان به اتصال از راه دور، چالش‌های ارتباطی شدیدی در شبکه‌های (6G) ایجاد می‌کند. مرجع چهار الزامات سرعت داده یک نمایشگر هولوگرافی سه بعدی را شرح می‌دهد: یک هولوگرام خام، بدون هیچ فشردگی، با رنگ‌ها، اختلاف منظر کامل و 30 فریم در ثانیه، به 4.32 ترابایت بر ثانیه نیاز دارد. نیاز تأخیر کمتر از میلی‌ثانیه خواهد بود و هزاران زاویه دید همگام‌سازی شده لازم خواهد بود، برخلاف تعداد کمی که برای VR/AR لازم است. علاوه بر این، برای تحقق کامل یک تجربه همه‌جانبه از راه دور، هر پنج حواس انسان باید دیجیتالی شوند و در شبکه‌های آینده منتقل شوند و نرخ داده هدف کلی افزایش یابد.

ای-هلس^۲:

(6G) بخش مراقبت‌های بهداشتی را متحول می‌کند، موانع زمانی و مکانی را از طریق جراحی از راه دور از بین می‌برد و بهینه‌سازی گردش کار مراقبت‌های بهداشتی را تضمین می‌کند. علاوه بر این، با گسترش خدمات سلامت الکترونیک توانایی ملاقات را به چالش خواهد کشید. کیفیت خدمات سختگیرانه آنها (QoS) به مواردی نیاز دارد، یعنی اتصال پیوسته^۳ (99.99999 درصد قابلیت اطمینان)، تأخیر بسیار کم (زیر میلی‌ثانیه)، پشتیبانی تحرک، افزایش دسترسی به طیف، همراه با هوشمندی اصلاح‌شده شبکه‌های (6G)، این KPI ها را به همراه 5 تا 10 دستاورد در کارایی طیفی تضمین می‌کند.

اتصال فراگیر^۴:

انتظار می‌رود ترافیک موبایل از سال 2016 تا 2021 سه برابر افزایش یابد و تعداد دستگاه‌های تلفن همراه را به حداکثر برساند، با 10⁷ دستگاه در هر کیلومتر مربع در مناطق متراکم (نسبت به 10⁶ دستگاه در (5G)) و بیش از 125 میلیارد دستگاه در سراسر جهان تا سال 2030. (6G) دستگاه‌های شخصی، حسگرها (برای اجرای الگوی شهر هوشمند)، وسایل نقلیه و غیره را به هم متصل می‌کند. این امر به شبکه‌های ازدحام شده فشار وارد می‌کند، که اتصال به همه دستگاه‌ها را در حین برآورده کردن الزامات شکل 2 فراهم نمی‌کند. استقرار کم‌هزینه با اثرات زیست‌محیطی کم و سن پوشش بهتر. در واقع، در حالی که 80 درصد از ترافیک تلفن همراه در داخل خانه ایجاد می‌شود، شبکه‌های سلولی (5G) که عمدتاً در خارج از منزل مستقر هستند و ممکن است در طیف mmWave کار کنند، به سختی اتصال داخلی را فراهم می‌کنند زیرا سیگنال‌های رادیویی با فرکانس بالا نمی‌توانند به راحتی به مواد دی‌الکتریک نفوذ کنند. (به عنوان مثال، بتن). در عوض، شبکه‌های (6G) اتصال یکپارچه و فراگیر را در زمینه‌های مختلف ارائه می‌کنند، که با الزامات QoS در فضای باز و داخلی با زیرساختی مقرون به صرفه و انعطاف‌پذیر مطابقت دارد.

¹ holographic telepresence (teleportation)

² ehealth

³ continuous connection

⁴ pervasive connectivity

رباطیک^۱:

(6G) به طور کامل انقلاب صنعت 4.0 را که با (5G) آغاز شد، و به معنای دگرگونی دیجیتالی تولید از طریق سیستم‌های فیزیکی سایبری و خدمات اینترنت اشیا است را محقق خواهد کرد. غلبه بر مرزها بین کارخانه واقعی و فضای محاسباتی سایبری، تعمیر و نگهداری، بهره‌برداری و ارتباطات مستقیم ماشینی مبتنی بر اینترنت را به روشی مقرون به صرفه، منعطف و کارآمد ممکن می‌سازد. اتوماسیون مجموعه‌ای از الزامات خاص خود را از نظر ارتباطات مخاطره‌آمیز و همسان دارد که (6G) برای رفع آن از طریق مجموعه فناوری‌های مخربی که بعداً توضیح خواهیم داد، قرار گرفته است. به عنوان مثال، کنترل صنعتی به عملیات بلادرنگ تاخیر میکروثانیه تضمین شده و نرخ اوج داده گیگابیت در ثانیه برای کاربردهای صنعتی AR/VR (مانند آموزش، بازرسی) نیاز دارد.

تحرک بدون سرنشین^۲:

تکامل به سمت سیستم‌های حمل و نقل کاملاً خود مختار، سفر ایمن‌تر، مدیریت ترافیک بهبودیافته و پشتیبانی از سرگرمی اطلاعاتی را به بازار ۷ تریلیون دلاری ارائه می‌کند. اتصال وسایل نقلیه خودران به سطوح بی‌سابقه‌ای از قابلیت اطمینان و تأخیر کم (به ترتیب بالای 99.9999 درصد و کمتر از 1 میلی‌ثانیه)، حتی در سناریوهای با تحرک فوق‌العاده (تا 1000 کیلومتر در ساعت) نیاز دارد تا ایمنی سرنشینان را تضمین کند. تامین کردن این چنین نیازهایی با فناوری‌های موجود دشوار است. علاوه بر این، افزایش تعداد حسگرها در هر وسیله نقلیه مستلزم افزایش نرخ داده (با تولید ترابایت در هر ساعت رانندگی)، فراتر از ظرفیت فعلی شبکه است. علاوه بر این، وسایل نقلیه پرنده (به عنوان مثال، پهپادها) پتانسیل عظیمی را برای سناریوهای مختلف نشان می‌دهند (به عنوان مثال، ساخت و ساز). انبوهی از پهپادها به ظرفیت بهبود یافته برای گسترش اتصال به اینترنت نیاز دارند. در این چشم انداز، (6G) راه را برای وسایل نقلیه متصل از طریق پیشرفت در سخت افزار، نرم افزار، و راه حل‌های اتصال جدید که بعداً مورد بحث قرار خواهیم داد، هموار خواهد کرد. به طور کامل تنها از طریق پیشرفت‌های تکنولوژیکی و طراحی‌های جدید شبکه، همانطور که در بخش بعدی توضیح داده شد، ممکن خواهد شد.

فناوری‌های توانمندکننده 6G:

در این بخش، فناوری‌هایی را ارائه می‌کنیم که به سرعت به عنوان توانمندکننده‌های KPI برای سناریوهای (6G) پیش‌بینی شده در بالا به سرعت در حال ظهور هستند. به طور خاص، جدول 1 پتانسیل‌ها و چالش‌های هر یک از نوآوری‌های فناورانه پیشنهادی را خلاصه می‌کند و نشان می‌دهد که کدام یک از موارد استفاده که قبلاً معرفی شده اند ممکن است بکارگرفته شود. اگرچه برخی از این نوآوری‌ها قبلاً در زمینه (6G) مورد بحث قرار گرفته‌اند، آنها عمده‌اً از پیشرفت‌های اولیه استانداردهای (6G) (یعنی پروژه مشارکت نسل سوم NR [3GPP] نسخه‌های 15 و 16) کنار گذاشته شدند و احتمالاً در استقرار تجاری (5G) به دلیل محدودیت‌های تکنولوژیکی یا به این دلیل که بازارها به اندازه کافی برای حمایت از آنها بالغ نیستند. در این بخش، پیشرفت‌های لایه فیزیکی، راه‌حل‌های جدید معماری و پروتکل، و در نهایت کاربردهای مخرب هوش مصنوعی را در نظر می‌گیریم.

فن آوری‌های ارتباطی درهم گسیخته^۳:

نسل جدید شبکه‌های تلفن همراه عموماً با مجموعه‌ای از فناوری‌های ارتباطی جدید مشخص می‌شوند که عملکرد بی‌سابقه‌ای (مثلاً از نظر سرعت داده و تأخیر موجود) و قابلیت‌ها ارائه می‌کنند. به عنوان مثال، ارتباطات عظیم چند ورودی چند خروجی (MIMO) و

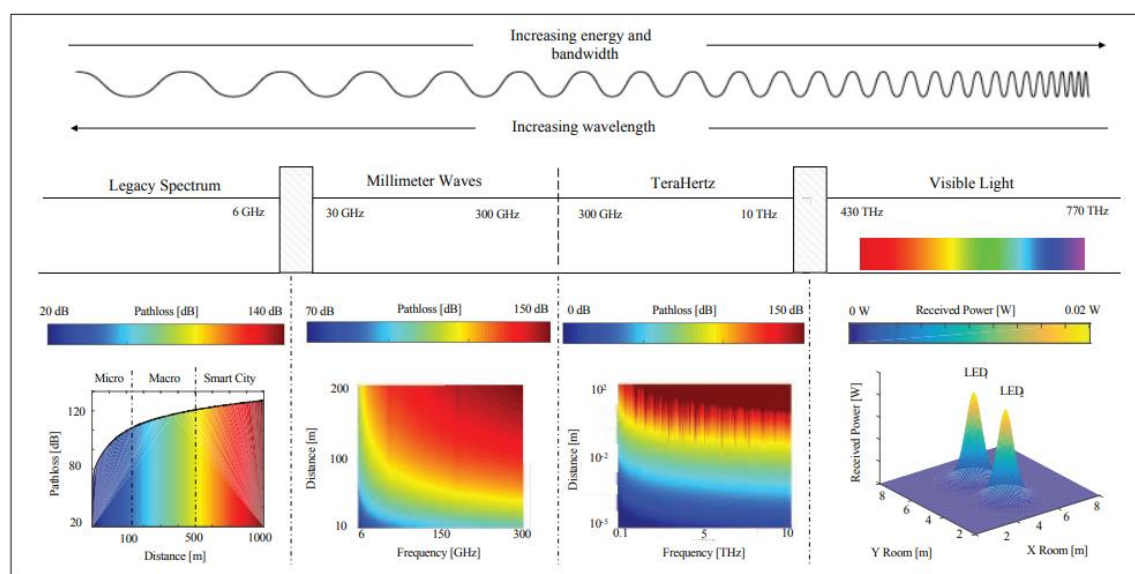
¹ robotics

² unmanned mobility

³ Disruptive Communication Technologies

$mmWave$ هر دو توانمندسازهای کلیدی شبکه های (6G) هستند. به منظور برآورده کردن الزاماتی که قبلاً توضیح داده شد، انتظار می رود شبکه های (6G) به طیف معمولی (یعنی امواج زیر 6 گیگاهرتز و میلی متر) و همچنین بر باندهای فرکانسی که هنوز برای استانداردهای سلولی در نظر گرفته نشده اند، متکی باشند، یعنی باند تراهرتز و ارتباطات نور مرئی (VLC).

شکل 3 نشان دهنده از دست دادن مسیر برای هر یک از این باندها در سناریوهای استقرار معمولی به منظور برجسته کردن تفاوت ها و فرصت هایی است که هر بخش از طیف می تواند از آنها استفاده کند. در ادامه ، ما روی دو باند طیف جدید که در (6G) استفاده می شوند تمرکز می کنیم.



تصویر 3: از دست دادن مسیر برای باندهای زیر 6 گیگاهرتز، $mmWave$ و تراهرتز و توان دریافتی برای VLC. تلفات مسیر زیر 6 گیگاهرتز و میلی متر موج از مدل های GPP3 با در نظر گرفتن شرایط خط دید (LOS) و غیرخط دید (NLOS) پیروی می کند، در حالی که فقط LOS برای تراهرتز و VLC در نظر گرفته می شود.

Terahertz Communications:

این دست از ارتباط مخابراتی بین 100 گیگاهرتز و 10 تراهرتز کار می کنند و در مقایسه با امواج میلی متری، پتانسیل اتصال با فرکانس بالا را به حداکثر می رساند و نرخ داده را در حدود صدها گیگابیت در ثانیه، مطابق با الزامات (6G)، امکان پذیر می کند. از طرف دیگر، مسائل اصلی که تاکنون از پذیرش پیوندهای تراهرتز در سیستم های تجاری جلوگیری کرده اند، افت انتشار، جذب مولکولی، افت نفوذ بالا و چالش های مهندسی برای آنتن ها و مدارهای فرکانس رادیویی (RF) است. همانطور که برای $mmWave$ ها، افت انتشار را می توان با استفاده از آرایه های آنتن جهت جبران کرد، همچنین امکان چندگانه سازی فضایی با تداخل محدود را فراهم می کند. علاوه بر این، عملکرد ارتباط تراهرتز را می توان با کارکرد در باندهای فرکانسی که به شدت تحت تأثیر جذب مولکولی قرار نمی گیرند، به حداکثر رساند، همانطور که در شکل 3 نشان داده شده است. در نهایت، چنین فرکانس های بالایی، زمانی که محدود به سناریوهای داخلی باشد، امکان جدیدی را فراهم می کند.

VLC:

این دست از ارتباط مخابراتی برای تکمیل ارتباطات RF با استفاده از استفاده گسترده از لامپ های ارزان قیمت ، دیود ساطع کننده نور (LED) پیشنهاد شده اند. این دستگاه ها در واقع می توانند به سرعت بین شدت های مختلف نور سوئیچ کنند تا سیگنالی را تعدیل کنند که می تواند به یک گیرنده مناسب منتقل شود. تحقیقات در مورد VLC نسبت به ارتباطات تراهرتز بالغ تر است، همچنین

همانطور که در شکل 3 گزارش شده است، VLC محدوده پوشش محدودی دارد، نیاز به منبع روشنایی دارد، و از صدای شلیک سایر منابع نور (به عنوان مثال، خورشید) رنج می برد و بنابراین می تواند بیشتر در داخل خانه استفاده شود. علاوه بر این، آنها باید توسط RF برای *uplink* تکمیل شوند. با این وجود، VLC را می توان برای معرفی پوشش سلولی در سناریوهای داخلی استفاده کرد، که همانطور که قبلاً ذکر شد، یک مورد استفاده است که استانداردهای سلولی به درستی به آن پرداخته نشده است.

اگرچه نهادهای استانداردسازی موارد مطالعاتی را ترویج می کنند که به سمت بررسی راه حل های ترافیک و VLC برای سیستم های بی سیم آینده روند ولی باین وجود این فناوری ها هنوز در یک شبکه سلولی گنجانده نشده اند و فراتر از موارد استفاده از (5G) را هدف قرار خواهد داد. علاوه بر این، هنوز تحقیقات بیشتری لازم است تا کاربران موبایل (6G) بتوانند در طیف های ترافیک و VLC کار کنند، از جمله سخت افزار و الگوریتم هایی برای اکتساب چند پرتوی انعطاف پذیر و ردیابی در محیط های غیر خط دید (NLOS). طیف جدید، (6G) همچنین شبکه های بی سیم را با بهره گیری از مجموعه ای از فناوری هایی که توسط تحقیقات اخیر لایه فیزیکی و مدار فعال شده اند، شکل خواهند داد موارد زیر فعال کننده های کلیدی برای (6G) خواهند بود.

Full-Duplex Communication Stack:

با ارتباطات تمام دوبلکس، فرستنده و گیرنده قادر به دریافت سیگنال و در عین حال انتقال، به لطف مدارهای تداخل خود در طراحی دقیق خواهند بود. استقرار عملی تمام دوبلکس نیاز به نوآوری در طراحی آنتن و مدار دارد تا مکالمه متقاطع بین مدارهای فرستنده و گیرنده در یک دستگاه بی سیم را کاهش دهد. بنابراین، آنها در مشخصات شبکه سلولی فعلی گنجانده نشده اند. با این حال، پیشرفت های فناوری آینده، انتقال همزمان *downlink* و *uplink* را برای افزایش قابلیت های مالتی پلکس و توان عملیاتی کلی سیستم بدون استفاده از پهنای باند اضافی ممکن می سازد. با این وجود، شبکه های (6G) به برنامه ریزی دقیقی برای رویه ها و استقرارهای تمام دوبلکس برای جلوگیری از تداخل، و همچنین طرح های زمان بندی منابع جدید نیاز دارند.

Novel Channel Estimation Techniques (e.g., Out-of-Band Estimation and Compressed Sensing):

تخمین کانال برای ارتباطات جهت دار جزء کلیدی ارتباطات در فرکانس های میلی متر امواج و ترافیک خواهد بود. با این حال، با در نظر گرفتن باندهای فرکانسی متعدد و احتمالاً پهنای باند بسیار زیاد، طراحی رویه های کارآمد برای ارتباطات جهت دهی دشواری است. بنابراین، سیستم های (6G) به تکنیک های تخمین کانال جدید نیاز دارند. به عنوان مثال، تخمین خارج از باند (به عنوان مثال، برای جهت زاویه ای رسیدن سیگنال) می تواند واکنش پذیری مدیریت پرتو را با نگاشت انتشار همه جانبه سیگنال های زیر 6 گیگاهرتز به تخمین کانال برای فرکانس های *mmWave* بهبود بخشد. به طور مشابه، با توجه به *sparsity* بر حسب جهت زاویه ای کانال های میلی موج و ترافیک، می توان از سنجش فشاری برای تخمین کانال با استفاده از تعداد نمونه های کاهش یافته بهره برداری کرد.

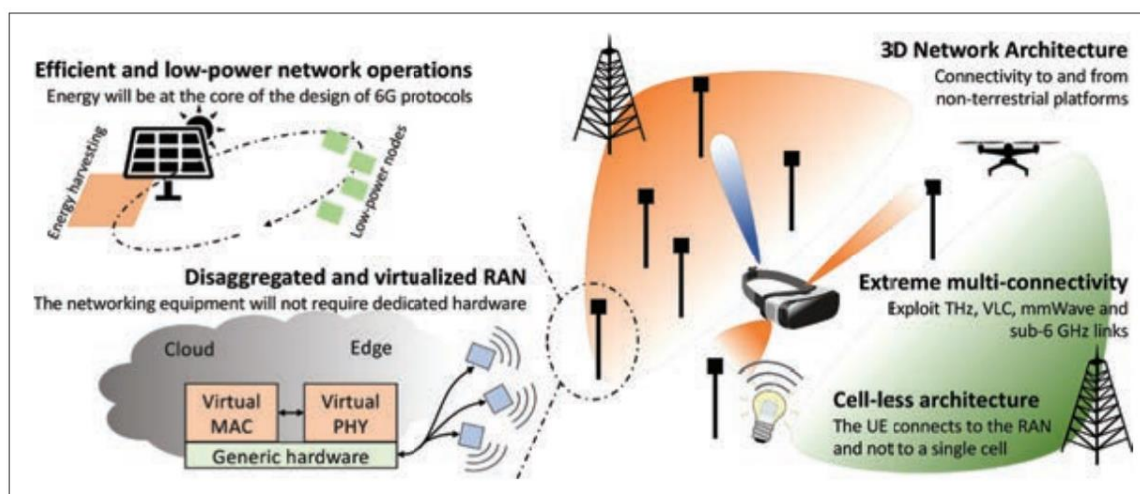
Sensing and Network-Based Localization:

استفاده از سیگنال های RF برای فعال کردن نقشه برداری و نقشه برداری محلی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است، اما چنین قابلیت هایی هرگز عمیقاً با عملیات و پروتکل های شبکه های سلولی ادغام نشده است. شبکه های (6G) از یک رابط واحد برای بومی سازی و ارتباطات برای بهبود عملیات کنترل بهره برداری می کنند، که می تواند به اطلاعات زمینه برای شکل دادن به الگوهای شکل دهی پرتو، کاهش تداخل، پیش بینی واگذاری ها و ارائه خدمات نوآورانه (مثلاً برای وسایل نقلیه و برنامه های سلامت الکترونیک) تکیه کند.

Innovative network Architectures

اختلال ایجاد شده توسط فناوری های ارتباطی که قبلاً توضیح داده شد، معماری جدید شبکه (6G) را امکان پذیر می کند، اما همچنین به طور بالقوه نیازمند به روز رسانی های ساختاری با توجه به طرح های فعلی شبکه تلفن همراه است. به عنوان مثال، چگالی و نرخ دسترسی بالای داده های ارتباطات ترافیک، تقاضای ظرفیت در شبکه حمل و نقل زیرین را افزایش می دهد، که باید هم نقاط دسترسی بیشتری به فیبر و هم ظرفیت بالاتری نسبت به شبکه های *backhaul* امروزی فراهم کند. علاوه بر این، طیف وسیعی از فناوری های

ارتباطی مختلف موجود، ناهمگونی شبکه را افزایش می‌دهد، که باید مدیریت شود. نوآوری‌های معماری اصلی که (6G) معرفی خواهد کرد در شکل 4 توضیح داده شده است.



تصویر 3: نوآوری‌های معماری معرفی شده در شبکه‌های (6G)

Tight integration of multiple frequencies and communication technologies and cell-less architecture:

دستگاه‌های (6G) از تعدادی رادیوهای *heterogeneous* در دستگاه‌ها پشتیبانی می‌کنند. این امر تکنیک‌های اتصال چندگانه را امکان‌پذیر می‌سازد که می‌توانند مرزهای فعلی سلول‌ها را گسترش دهند، با کاربران متصل به شبکه به عنوان یک کل (یعنی از طریق چندین فناوری مکمل) و نه به یک سلول واحد. رویه‌های شبکه بدون سلول، پشتیبانی از تحرک یکپارچه را بدون سربار به دلیل واگذاری‌ها تضمین می‌کند (که ممکن است در هنگام در نظر گرفتن سیستم‌ها در فرکانس‌های تراهرتز مکرر باشد)، و تضمین‌های *QoS* را ارائه می‌دهد که با چالش‌برانگیزترین الزامات پیش‌بینی‌شده برای (6G) مطابقت دارد. همانطور که در سناریوهای وسیله نقلیه دیدیم. این دستگاه‌ها می‌توانند به طور یکپارچه بین پیوندهای ناهمگن مختلف مانند زیر 6 گیگاهرتز، میلی‌متر موج، تراهرتز و (VLC) بدون دخالت دستی یا پیکربندی جابه‌جا شوند. در نهایت، با توجه به مورد استفاده خاص، کاربر می‌تواند همزمان از رابط‌های شبکه مختلف برای بهره‌برداری از ویژگی‌های مکمل آنها استفاده کند، به عنوان مثال، لایه زیر 6 گیگاهرتز برای کنترل، و یک پیوند تراهرتز برای صفحه داده.

3D Network Architecture:

شبکه‌های 5G (و نسل‌های قبلی) برای فراهم کردن اتصال برای یک فضای اساساً دو بعدی طراحی شده‌اند، یعنی نقاط دسترسی شبکه برای قطع اتصال به دستگاه‌های روی زمین مستقر می‌شوند. در مقابل، ما معماری‌های ناهمگن (6G) آینده را برای ارائه سن پوشش سه بعدی، در نظر می‌گیریم و در نتیجه زیرساخت‌های زمینی را با سکوها غیرزمینی (مانند هواپیماهای بدون سرنشین، بالون‌ها و ماهواره‌ها) تکمیل می‌کنیم. علاوه بر این، این عناصر همچنین می‌توانند به سرعت برای تضمین تداوم خدمات و قابلیت اطمینان کمتر، به عنوان مثال، در مناطق روستایی یا در طول رویدادها، به کار گرفته شوند، و از هزینه‌های عملیاتی و مدیریتی زیرساخت‌های همیشه روشن و ثابت اجتناب شود. علیرغم چنین فرصت‌های امیدوارکننده‌ای، چالش‌های مختلفی وجود دارد که باید قبل از استفاده مؤثر از سکوها پرند در شبکه‌های بی‌سیم، حل شوند، به عنوان مثال، مدل‌سازی کانال هوا به زمین، بهینه‌سازی توپولوژی و مسیر، مدیریت منابع و بهره‌وری انرژی.

Disaggregation and Virtualization of the Networking Equipment:

اگرچه شبکه‌ها اخیراً شروع به انتقال به سمت تفکیک تجهیزات شبکه‌ای یکپارچه کرده‌اند، *GPP3* مستقیماً نحوه معرفی مفاهیم مجازی‌سازی را مشخص نمی‌کند. علاوه بر این، مطالعات کنونی (*5G*) هنوز به چالش‌های مربوط به طراحی معماری‌های تفکیک‌شده که می‌توانند تحت تأخیر کنترل بالاتری که ممکن است توسط متمرکز کردن معرفی می‌شود، و امنیت عملکردهای شبکه مجازی، که می‌توانند در معرض سایبری قرار گیرند، عمل کنند، رسیدگی نکرده‌اند. شبکه‌های (*6G*) با کنترل دسترسی رسانه مجازی (*MAC*) و اجزای لایه فیزیکی (*PHY*) که در حال حاضر به پیاده‌سازی سخت‌افزار اختصاصی نیاز دارند و تحقق پلت‌فرم‌های توزیع شده کم‌هزینه تنها با آنتن ناز و پردازش حداقلی، تفکیک را به حداکثر می‌رسانند. این هزینه تجهیزات شبکه را کاهش می‌دهد و استقرار بسیار متمرکزم را از نظر اقتصادی امکان پذیر می‌کند.

Advanced Access-Backhaul Integration:

نرخ‌های عظیم داده در فناوری‌های جدید دسترسی به (*6G*) به رشد کافی ظرفیت *backhaul* نیاز دارد. علاوه بر این، استقرار تراهرتز و *VLC*، تراکم نقاط دسترسی را افزایش می‌دهد، که نیاز به اتصال *backhaul* به همسایگان خود و شبکه اصلی دارند. بنابراین از ظرفیت عظیم فناوری‌های (*6G*) می‌توان برای راه‌حل‌های خودبازگشتی استفاده کرد، جایی که رادیوهای ایستگاه‌های پایه هم دسترسی و هم عقب‌نشینی را فراهم می‌کنند. در حالی که گزینه مشابهی در حال حاضر برای (*5G*) در نظر گرفته شده است، مقیاس استقرار (*6G*) چالش‌ها و فرصت‌های جدیدی را ایجاد خواهد کرد. برای مثال، شبکه‌ها به قابلیت‌های پیکربندی خودکار بالاتری نیاز دارند.

Energy-Harvesting Strategies for Low Power Consumption Network Operations:

ادغام مکانیسم‌های برداشت انرژی در زیرساخت‌های (*5G*) در حال حاضر با مشکلات متعددی مواجه است، از جمله همزیستی با ارتباطات، و کاهش کارایی هنگام تبدیل سیگنال‌های برداشت شده به جریان الکتریکی. با توجه به مقیاس مورد انتظار در شبکه‌های (*6G*)، طراحی سیستم‌هایی ضروری است که مدارها و پشته‌های ارتباطی با در نظر گرفتن آگاهی از انرژی توسعه یافته باشند. یکی از گزینه‌ها استفاده از مدارهای جمع‌آوری انرژی است تا به دستگاه‌ها اجازه می‌دهد تا خود تغذیه شوند. که می‌تواند برای فعال کردن عملیات خارج از شبکه، دستگاه‌ها و حسگرهای اینترنت اشیا طولانی مدت، یا فواصل طولانی در حالت آماده به کار برای دستگاه‌ها و تجهیزاتی که به ندرت استفاده می‌شوند، حیاتی باشد.

Integrating Intelligence In the network:

پیچیدگی فناوری‌های ارتباطی (*6G*) و استقرار شبکه احتمالاً از بهینه‌سازی‌های بسته و/یا دستی جلوگیری می‌کند. در حالی که تکنیک‌های هوشمند در شبکه‌های سلولی در حال حاضر برای (*5G*) مورد بحث قرار گرفته‌اند، انتظار داریم استقرار (*6G*) بسیار متمرکزم‌تر (یعنی از نظر تعداد نقاط دسترسی و کاربران) و ناهمگن‌تر (از نظر ادغام فناوری‌های مختلف و ویژگی‌های کاربردی) باشد. و الزامات عملکرد سختگیرانه تری در رابطه با (*5G*) دارند. بنابراین، هوش نقش برجسته تری در شبکه ایفا می‌کند و فراتر از وظایف طبقه بندی و پیش بینی است که برای سیستم های (*5G*) در نظر گرفته شده است. توجه داشته باشید که استاندارد ممکن است تکنیک‌ها و استراتژی‌های یادگیری را که باید در شبکه‌ها به کار گرفته شود را مشخص نکند، اما رویکردهای مبتنی بر داده را می‌توان به عنوان ابزارهایی دید که فروشندگان و اپراتورهای شبکه می‌توانند برای برآورده کردن الزامات (*6G*) استفاده کنند به طور خاص، تحقیقات *6G* به جنبه های زیر معطوف خواهد شد.

Learning Techniques for Data Selection and Feature Extraction:

حجم زیادی از داده های تولید شده توسط دستگاه های متصل آینده (مانند حسگرها در وسایل نقلیه خودران) بر فناوری های ارتباطی فشار وارد می کند که نمی تواند کیفیت خدمات مورد نیاز را تضمین کند. بنابراین، برای به حداکثر رساندن کاربرد برای کاربران نهایی با منابع (محدود) شبکه، تبعیض ارزش اطلاعات اساسی است. در این زمینه، استراتژی‌های یادگیری ماشین (*ML*) می‌توانند میزان همبستگی در مشاهدات را ارزیابی کنند، یا ویژگی‌هایی را از بردارهای ورودی استخراج کنند و احتمال بیشتری یک دنباله را با توجه به کل تاریخچه آن پیش‌بینی کنند. علاوه بر این، در *G6*، رویکردهای یادگیری بدون نظارت و تقویتی نیازی به برچسب گذاری ندارند و می‌توان از آنها برای راه اندازی شبکه به شیوه ای واقعا مستقل استفاده کرد.

Inter-User Inter-Operator Knowledge Sharing:

اشتراک‌گذاری طیف و زیرساخت در شبکه‌های سلولی برای به حداکثر رساندن قابلیت‌های مالتی پلکسینگ¹ مفید است. با شبکه‌های یادگیری محور، اپراتورها و کاربران همچنین می‌توانند نمایش‌های آموخته‌شده/فراوری‌شده از استقرار شبکه‌های خاص و/یا موارد استفاده را به اشتراک بگذارند، برای مثال، برای سرعت بخشیدن به پیکربندی شبکه در بازارهای جدید یا سازگاری بهتر با سناریوهای عملیاتی غیرمنتظره جدید. *Trade-off* در تأخیر، مصرف انرژی، سربار سیستم و هزینه در (6G) برای راه‌حل‌های داخلی *edge-cloud-assisted* مورد مطالعه قرار خواهند گرفت.

User-Centric Network Architecture:

شبکه‌های *ML-driven* هنوز در مراحل اولیه خود هستند، اما جزء اساسی سیستم‌های پیچیده (6G) خواهند بود که هوش مصنوعی توزیع‌شده را برای پیاده‌سازی یک معماری شبکه کاملاً کاربر محور پیش‌بینی می‌کنند. به این ترتیب، پایانه‌های پایانی قادر خواهند بود تصمیمات شبکه مستقلی را بر اساس نتایج عملیات قبلی بدون سربار ارتباط دهند و از کنترل‌کننده‌های متمرکز اتخاذ کنند. روش‌های توزیع‌شده می‌توانند الگوریتم‌های *ML* را در زمان واقعی پردازش کنند، یعنی با یک *CV* تأخیر فرعی، همانطور که توسط چندین سرویس (6G) مورد نیاز است، و در نتیجه مدیریت شبکه پاسخگوتری را به همراه دارد.

¹ multiplexing

نتیجه گیری:

در این مقاله ما جنبه های کاربردی و تکنولوژی هایی را بررسی کردیم که نسل ششم ارتباطات (6G) میتواند به خوبی زمینه ساز توسعه و بهبود آنها باشد.

جدول زیر این جنبه ها و تکنولوژی های یادشده را به همراه چالش ها و پتانسیل های عمده پیشروی هریک را خلاصه میکند:

جدول 1- مقایسه و چالش های پیشرو هریک از جنبه های کاربردی نسل ششم (6G)

Enabling Technology	Potential	Challenges	Use cases
New spectrum			
Terahertz	High bandwidth, small antenna size, focused beams	Circuit design, high propagation loss	Pervasive connectivity, industry 4.0, holographic telepresence
VLC	Low-cost hardware, low interference, unlicensed spectrum	Limited coverage, need for RF uplink	Pervasive connectivity, eHealth
Novel PHY techniques			
Full duplex	Continuous TX/RX and relaying	Management of interference, scheduling	Pervasive connectivity, industry 4.0
Out-of-band channel estimation	Flexible multi-spectrum communications	Need for reliable frequency mapping	Pervasive connectivity, holographic telepresence
Sensing and localization	Novel services and context-based control	Efficient multiplexing of communication and localization	eHealth, unmanned mobility, industry 4.0
Innovative network architectures			
Multi-connectivity and cell-less architecture	Seamless mobility and integration of different kinds of links	Scheduling, need for new network design	Pervasive connectivity, unmanned mobility, holographic telepresence, eHealth
3D network architecture	Ubiquitous 3D coverage, seamless service	Modeling, topology optimization and energy efficiency	Pervasive connectivity, eHealth, unmanned mobility
Disaggregation and virtualization	Lower costs for operators for massively-dense deployments	High performance for PHY and MAC processing	Pervasive connectivity, holographic telepresence, industry 4.0, unmanned mobility
Advanced access-backhaul integration	Flexible deployment options, outdoor-to-indoor relaying	Scalability, scheduling and interference	Pervasive connectivity, eHealth
Energy-harvesting and low-power operations	Energy-efficient network operations, resiliency	Need to integrate energy source characteristics in protocols	Pervasive connectivity, eHealth
Intelligence in the network			
Learning for value of information assessment	Intelligent and autonomous selection of the information to transmit	Complexity, unsupervised learning	Pervasive connectivity, eHealth, holographic telepresence, industry 4.0, unmanned mobility
Knowledge sharing	Speed up learning in new scenarios	Need to design novel sharing mechanisms	Pervasive connectivity, unmanned mobility
User-centric network architecture	Distributed intelligence to the endpoints of the network	Real-time and energy-efficient processing	Pervasive connectivity, eHealth, industry 4.0
Not considered in 5G		With new features/capabilities in 6G	

تحقیقات انجام شده بر روی نسل ششم (6G) همچنین میتواند الگوهای سنتی را که کماکان در نسل پنجم 5G وجود دارند را مختل کند. به عنوان مثال، پشتیبانی از تراهرتز و طیف های نور مرئی^۱، معماری های بدون سلول و هوایی^۲، و هوش توزیع شده^۳ عظیم و مواردی از این دست را مطرح کند.

علی رغم مطرح شدن تکنولوژی هایی از این دست، اما این فناوری ها در حال حاضر بصورت فراگیر و صنعتی در جامعه امروز وارد نشده اند و این یک فرصت بینظیر برای جامعه تحقیقاتی است تا با بکارگیری نوآوری های موارد صنعتی پیشبینی نشده ای از این دست را برای جامعه 2030 و پس از آن فراهم سازند.

¹ terahertz and visible light spectra

² cell-less and aerial architectures

³ distributed intelligence