

A 6G FELÉ VEZETŐ ÚTON: MOZGATÓRUGÓK, KIHÍVÁSOK ÉS ALAPTECHNOLÓGIÁK

A Fraunhofer 6G fehér könyve



A bemutatott munka a Fraunhofer 6G SENTINEL: Six-G Enablers (6G SENTINEL: Six-G Enablers) világítótorony-projektjének része: THz-technológia és integráció, nem földi hálózatok, SidElink és lokalizáció. A projekt állásáról további információ a következő címen érhető el: www.iis.fraunhofer.de/6g-sentinel.

Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS
Am Wolfsmantel 33
91058 Erlangen, Németország

Kapcsolat
Bernhard Niemann
communicationsystems@iis.fraunhofer.de

www.iis.fraunhofer.de/6g-sentinel

Közreműködők (ábécésorrendben)

Corici, Marius-
IulianFraunhoferFOKUS Franke,
NorbertFraunhofer

IIS
Heyn, ThomasFraunhoferIIS
Kontes, GeorgiosFraunhoferIIS
Leyh,
MartinFraunhoferII

S Magedanz,
ThomasFraunhofer

FOKUS Maaß,
UweFraunhoferIZ

M
Mikulla,
MichaelFraunh

oferIAFNiemann,
BernhardFraun

hoferIISPeter, MichaelFraunhofer
HHI Roth-

Mandutz,
ElkeFraunhofer

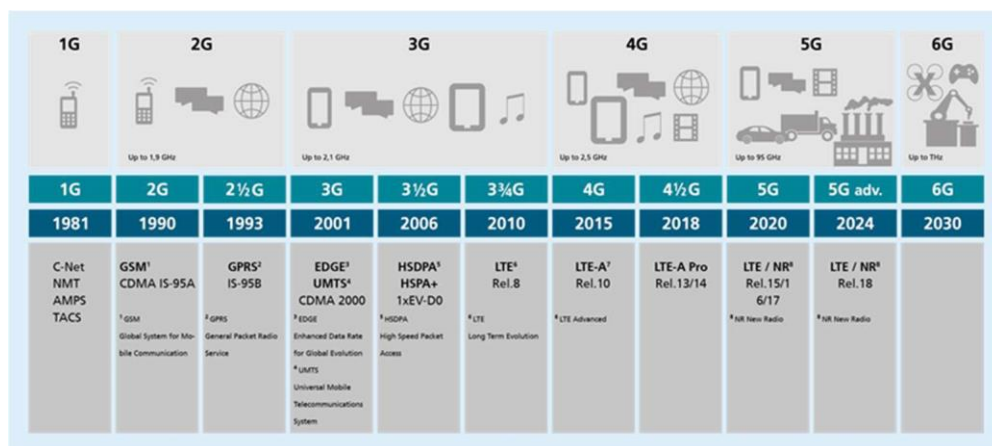
IISSchubert, ColjaFraunhofer HHI
Yamine,
GeorgeFraunh

oferIIS

A 6G felé vezető úton

Az 5G kiépítése még mindig folyamatban van, míg a 6G technológiákról és a kapcsolódó kutatási tevékenységekről világszerte megkezdődtek a viták. Itt az ideje, hogy az új mobilkommunikációs szabvány alaptermotechnológiáin és alapvető építőkövein dolgozzunk, és csatlakozzunk a 6G felhasználási eseteiről, funkcióiról és kulcsfontosságú teljesítménymutatóiról (KPI) szóló világméretű vitához. Az akadémiai és ipari körök nagy érdeklődését mutatja a fehér könyvek és publikációk jelentős száma [2]-[13].

A 3GPP szabványosítása az 5G második fázisába lép az 5G Advanced révén, amely a 18. kiadással 2022 elején kezdődik. A 6G-vel kapcsolatos tevékenységek feltételezhetően 2025 körül kezdődnek, míg az első 6G telepítések 2030-ra várhatók. A vezeték nélküli mobilkommunikációs szabványok fejlődése az 1G-től a 6G-ig az 1. ábrán látható. Míg az 1G és a 2G a beszédre összpontosított, a 3G az adatszolgáltatásokkal és az internet-hozzáféréssel bővült. A 4G a mobilinternet megjelenését hozta, míg az 5G a gépek közötti kommunikációra és a dolgok internetére összpontosít. A 6G-vel várhatóan ismét az ember és az ő igényei kerülnek a középpontba (lásd "A 6G felhasználási eseteinek új perspektívái" című részt).



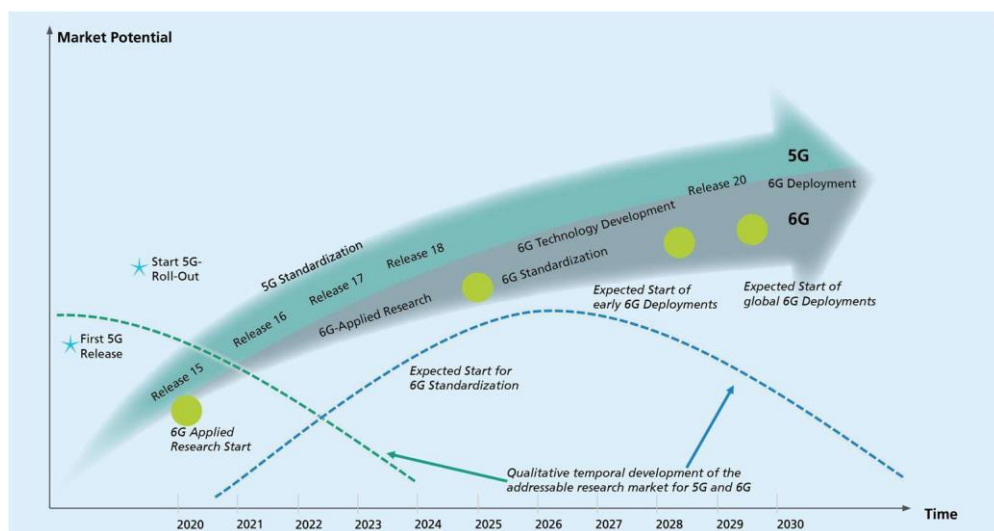
1. ábra: A vezeték nélküli mobilkommunikációs szabványok fejlődése

A 6G egyik fontos trendje a fizikai és az emberi világ és a digitális világ konvergenciája. A 6G gyakran tárgyalt felhasználási esetei a digitális ikrek, a virtuális és kiterjesztett valóság (XR), a távjelenlét, a távműködtetés és az autonóm vezetés. Ahhoz, hogy ezek a felhasználási esetek lehetővé váljanak, a hagyományos KPI-k, például a csúcsadatsebesség, a megbízhatóság, a késleltetés, a kapcsolatsűrűség és a lokalizációs pontosság jelentős, legalább 10x-es növekedése szükséges az 5G-ről a 6G-re. A technológiai oldalon a következő tényezők kulcsfontosságúak a KPI-k szükséges javulásának eléréséhez:

- Terahertzes rádiótechnológiák ultranagy adatátviteli sebességekhez
- Rugalmas hálózatok a helyzethez igazodó hálózati rendelkezésre állás érdekében
- Teljesen integrált lokalizáció a megerősítő tanulást használva a nagyobb pontosság érdekében
- Optimalizált hálózati architektúra a legjobb szolgáltatásminőség és megbízhatóság érdekében

Ezek az alaptermotechnológiák képezik a 6G kihívásaira és követelményeire való reagáláshoz szükséges alapot, ezért időben kell őket fejleszteni, hogy a szabványosítás részeként és a későbbi termékekben is integrálhatóak legyenek. Ha a 6G technológia képes beváltani az ígéreteit, akkor új alkalmazási területeket és üzletágakat fog ösztönözni és megnyitni.

A 2. ábra az 5G és a 6G közötti szakadék áthidalására szolgáló megközelítést mutatja be, nagyfokú innovációval. 2025-ig, amikor a 6G szabványosítása várhatóan megkezdődhet, a különböző területeken és irányokban igen nagy innovációs potenciál áll rendelkezésre. Ahhoz, hogy egy ilyen szabványosítás előtti környezetben innoválni lehessen, rendkívül fontos, hogy figyelembe vegyünk a 2030-as hálózat követelményeit, és kitörjünk a specifikus 5G technológiai gondolkodásból. Ezt a lépést csak koncepciófejlesztéssel és gyakorlati megvalósíthatósági értékelésekkel lehet elérni egy rendkívül nyitott ökoszisztémában. Konkrétan új keretet kell figyelembe venni, ahol a kommunikáció alapfeltevései nagymértékben eltérnek az 5G-től.



2. ábra: Az 5G és a 6G szabványosítás közötti szakadék áthidalása nagyfokú innovációval

A különböző területek közötti intenzív együttműködés és a koncepciók és tervek cseréje jelenti azt a módot, amellyel fel lehet gyorsítani a 6G-hálózat koherens fejlesztését. Csak egy holisztikus, a hozzáférési, a mag-, a szállítási, az eszköz- és az alkalmazási területeket is magában foglaló fejlesztés hozhatja meg a várt eredményeket.

A Fraunhofer 6G SENTINEL [1] világitótorony-projektje pragmatikus, eredményorientált megközelítésben foglalkozik az ezekkel az irányokkal kapcsolatos konkrét műszaki kihívásokkal, és célja a kutatási tevékenységek fellendítése, a 2025-ben várhatóan kezdődő szabványosítás előkészítése, valamint a 6G hálózatok fejlesztésének és 2030-ra tervezett kereskedelmi célú bevezetésének felgyorsítása.

Mit tartalmaz ez a fehér könyv

- Új perspektívák a 6G felhasználási esetekre
- A kihívások és követelmények magas szintű osztályozása
- A 6G K+F tevékenységekre vonatkozó megközelítés és ütemterv
- Az első lépések a 6G architektúra felé
- Az alkalmazott kutatás legjobb gyakorlatának K+F ütemterve
- A 6G SENTINEL projekt helyzete és eredményei

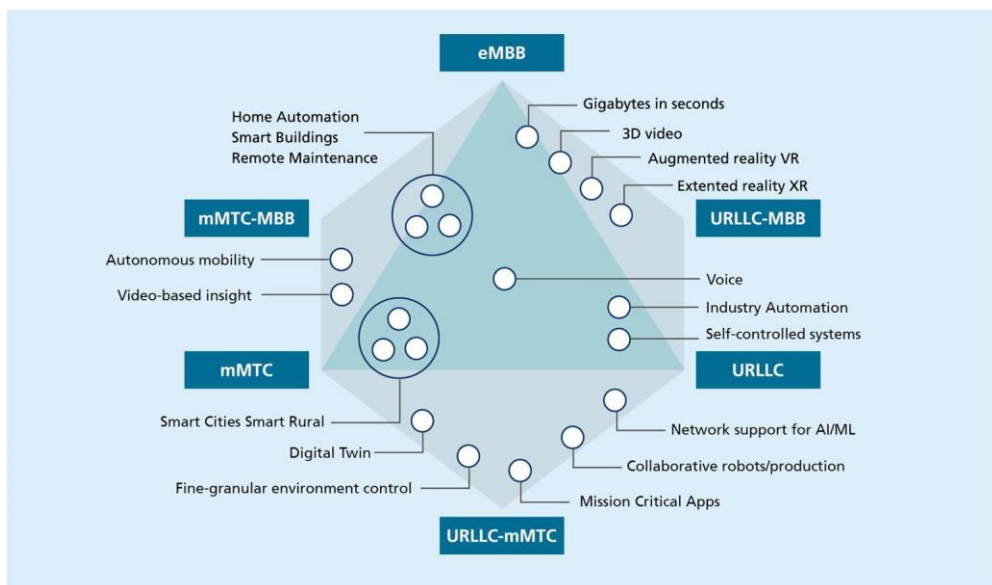
Új perspektívák a 6G felhasználási esetekre

teljesítményének javítására is felhasználhatók, amennyiben a korai

Bár a 6G technológiát sikeressé tevő potenciális felhasználási esetek még korai fázisban vannak, az 5G hálózatok jelenleg terjedő elterjedése miatt számos olyan, nagy potenciállal rendelkező irányt lehet azonosítani, amelyek esetében a jelenlegi szabványos kereskedelmi hálózatok nem képesek kielégíteni a követelményeket.

Az itt bemutatott felhasználási esetek osztályozása arra kívánja ösztönözni az olvasót, hogy változtassa meg a hálózatok átalakulásának szemléletét. Ez nem zárja ki az 5G felhasználási esetek további fejlődését, amely ezzel párhuzamosan fog történni, hanem hosszabb távlatban, a 2030-as év kommunikációs igényeinek kezelésére összpontosít.

A 4G Machine Type Communication (MTC) és az 5G Ultra Reliable Low-Latency Communication (URLLC) szolgáltatási osztályok erős diverzifikációja figyelhető meg, amely túlmutat a hálózati kapacitás növelésén, és olyan speciális hálózati jellemzőket igényel, amelyeket nem lehet azonnal teljesíteni ugyanazzal az infrastruktúrával. Miközben továbbra is arra számítanak, hogy több eszközt szolgálnak ki, nagyobb hálózati kapacitást használva, nagyobb megbízhatósággal vagy alacsonyabb késleltetéssel, az alkalmazások következő generációja e képességek keverékét igényli majd. Például az új, továbbfejlesztett mobil szélessávú szolgáltatások (eMBB), mint például a kiterjesztett valóság (AR) / eXtended Reality (XR) a hálózati kapacitás mellett magas szintű megbízhatóságot és meglehetősen alacsony késleltetést is igényelnek. Hasonlóképpen, a masszív MTC-nek a megbízhatóság és az alacsony késleltetés irányába kellene fejlődnie, hogy képes legyen kezelni a finom szemcsés automatikus környezetkezelést és növelni a hálózati kapacitást, amikor az autonóm mobilitás és a videóalapú betekintés-generálás irányába halad.



A 6G fő mozgatórugója azonban továbbra is a kibővített hálózati kapacitás marad. Ez pedig csak új, terahertzes (THz) spektrumalapú technológiákkal érhető el. Legyen szó 4 Tbit/s kapacitásról az AR/XR számára, az ipari vagy holografikus jelenlét 100 μ s alatti késleltetéséről, a 7 kilences megbízhatóságról vagy a < 1 cm-es pontosságú lokalizációról. Mindezen felhasználási esetekben, függetlenül attól, hogy a következő években mennyire fog nőni a terminálok számítási kapacitása, még nagyobb számítási kapacításra lesz szükség a hálózattól. Ez a folyamatos kommunikáció és a megnövekedett számú eszköz elfogadása a jelenlegi 5G NR-hálózatok jelentős fejlesztését igényli.

A 6G egyik legfontosabb jellemzője a lokalizáció szoros integrációja a hálózatba. A helymeghatározási információkat nemcsak a végfelhasználói helymeghatározási szolgáltatásokhoz fogják felhasználni, hanem ezek az információk a hálózat általános

3. ábra: A 6G felhasználási esetek osztályozása

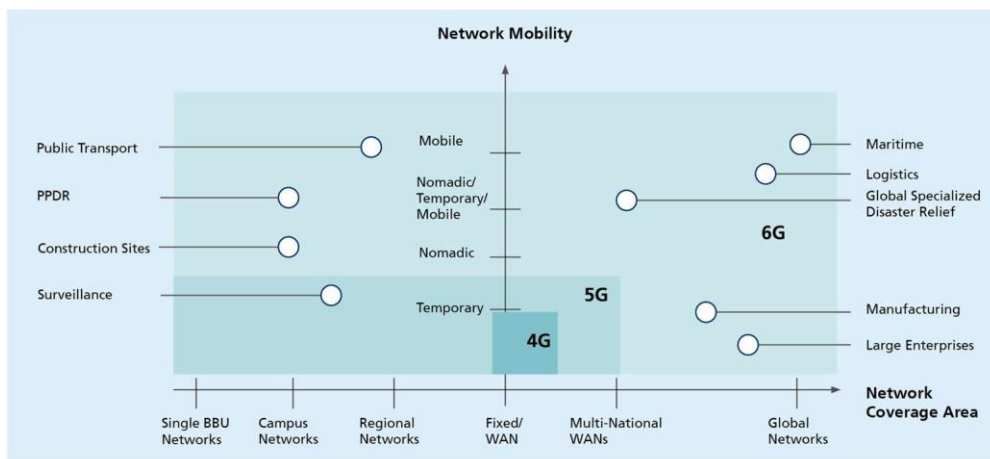
az egyik tartományban lévő durva információk felhasználhatók a másik tartomány javítására (pl. durva helymeghatározási információk, amelyek lehetővé teszik a sugáralakítást kevesebb visszajelzéssel a mobil eszközről). Ezen túlmenően a helyinformációkat összesíteni lehet, és gépi tanulási algoritmusok segítségével a hálózat koordinálására lehet használni. Így jön létre a "közös kommunikáció és helymeghatározás" koncepciója.

Az 5G-vel megtettük az első lépést a magán- és nem nyilvános hálózatok támogatása felé. Ez megnyitotta a lehetőséget az on-premise típusú telepítések lefedésére, ami lokálisabb hálózatokat eredményezett, valamint a teljes campus vagy akár regionális hálózatok kialakításának lehetőségét. Ez azonban további mobil felhasználási esetek lefedésének lehetőségét is megnyitotta. A 6G esetében a következő lépés az, hogy képes legyen kommunikálni más helyszíni helyszínekkel, nagyobb léptékű hálózatok vagy globális hálózatok létrehozására, ami ultra-flat telepítést eredményez, ahol a lefedettség olyan meghatározott területekre korlátozódik, ahol a kommunikációra szükség van (pl. gyárak telephelyei világszerte), és a backhaul-kapcsolatok segítségével egyetlen hálózatba integrálódik (hasonlóan a jelenlegi nagyvállalati hálózatokhoz).

A 6G másik fontos szempontja a mindenütt rendelkezésre álló elérhetőség és a lefedettség kiterjesztése lesz, hogy globálisabb összeköttetést érjen el. A 3GPP már megkezdte a műholdak integrálását az 5G rendszerbe (az úgynevezett nem földfelszíni hálózatokba, NTN). Ez a tendencia folytatódni fog több különböző műholdpálya bevonásával és összekapcsolásával, és a hálózati architektúra a 6G felé fog fejlődni, ahol a különböző légi (UAV-k, repülőgépek, HAP-ok) és űrbeli platformok (különböző típusú műholdak) is összekapcsolódnak a földi 6G hálózattal egy többretegű (3D) architektúrán, ami dinamikus, rugalmas RAN- és maghálózati architektúrát igényel.

Az új kisméretű hálózatoknak ez a skálája a helyhez kötött telepítésektől, mint amilyeneket jelenleg a gyári üzletek számára terveznek, a helyi kapacitást növelő, kiegészítő bázisállomásokkal ellátott ideiglenes hálózatokon, a nomád telepítéseken át, amelyek egy adott időintervallumban, például egy zenei fesztiválon vagy építkezésen belül biztosítanak lefedettséget, egészen a közvédelem és katasztrófavédelem (PPDR), a tömegközlekedés, a logisztika és a tengerészet által igényelt mobil telepítésekig terjed.

Az elképzelt jövőbeli hálózati rugalmasság, valamint a 6G szolgáltatások és alkalmazások kontrasztos követelményei a szoftver- és hardverhálózati komponensek nagyméretű ökoszisztémáinak összetett kölcsönhatását feltételezik, ami miatt a klasszikus elméleti megközelítések nem képesek zökkenőmentesen alkalmazkodni a hatalmas méretű problémákhoz. A mesterséges intelligencia enyhíthet ezen a problémán, mivel a heterogén hálózati szolgáltatások, erőforrások és alkalmazások önalkalmazkodó, adatvezérelt és skálázható összehangolásának egyik fő eszköze lehet.



4. ábra: 6G hálózat kiépítései

Kihívások és az ezt lehetővé tevő technológiák

A korábbi generációkhoz hasonlóan a 6G is azt ígéri, hogy alapvetően megváltoztatja a fogyasztók és a vállalkozások kommunikációját, megnyitva az utat a felhasználási esetek következő generációja előtt, amely képes kihasználni az általa kínált sebességet, kapacitást, késleltetést és rugalmasságot, valamint a párhuzamos számítási, vizualizációs és mesterséges intelligencia fejlesztéseket. Várhatóan csak az átfogó rendszerbe integrált heterogén technológiák keveréke képes megfelelően megfelelni a követelményeknek.

Az alábbiakban e technológiák első összefoglalása kerül bemutatásra azzal a céllal, hogy a kutatást a várt irányba tereljük.

1. táblázat: A 6G követelményei és az alaptechnológiák

Technikai kihívás	Követelmények	Megalapozó technológiák
Magasabb adatátviteli sebességek	További, magasabb frekvenciák lefedése (mmW, THz)	A vételi tartomány csökkenése, fizikai károsodások, kisebb cellák
	Rendelkezésre álló erőforrások	Ütemezés Granuláris cellamentes erőforrás ütemezés
Mindenütt jelenlévő Elérhetőség	Nagyobb	cellaméret Amúhóld és a levegőből történő konvergálás
	Kisebb nomád sejtek	Dinamikus spektrumkiosztás A megosztott maghálózatok támogatása Integrált backhaul-kezelés
Haladó kognitív rálátás	Helymeghatározás és érzékelés	Az érzékelés szoros integrációja, helymeghatározás és mesterséges intelligencia
	Folyékony adatcsere	Biztonságos adatgyűjtés és adatcsere Adattárolás és kurátori kezelés
	A mesterséges intelligencia integrálása a hálózatba menedzsment	Automatikus, öntanuló végponttól végpontig döntési láncok a robusztus teljesítmény és biztonság menedzsment.
	Integrált RAN menedzsment	A RAN és a magmobilitás integrálása menedzsment és QoS
Robusztus kommunikáció	Rugalmas, szervesen alkalmazkodó alapvető hálózati funkciók	Csak szoftveres paradigmák használata a törzshálózati szolgáltatás megtervezése
	Végponttól végpontig tartó koherens szolgáltatás szállítás	A backhaul technológiák integrálása a törzshálózat része
	Rendkívül megbízható alapszolgáltatások	A törzshálózat újratervezése natív megbízhatóság
tulajdonosok	Determinisztikus, az állam egyetelmű megosztottsága információ és állapot nélküli alkatrészek	QoS kiterjesztése a backhaulok számára determinisztikus migráció
1.0 verzió	november 2021	
Heterogén infrastruktúra	Biztonság és bizalom	A kölcsönhatás újradefiniálása az infrastruktúra és a szolgáltatások között

	Többkormányzati	Koherens rendszerirányítás a több adminisztrációval rendelkező környezetek
Fenntarthatóság	A következők csökkentését írja elő a mobil szén-dioxid-kibocsátás hálózatok	Hálózati és UE energiacsökkentés és teljesítmény-optimalizálás
	Ultra-adaptálható hálózatok	A hálózati többletköltségek csökkentése nagyon gyors erőforrás-elosztás és alkalmazkodási döntések.
Ultra-precíz helymeghatározás	Finomabb időbeli felbontás	A magasabb frekvenciák (THz) lehetővé teszik a elég nagy jelek használata sávszélesség az időbeli állásfoglalás
	Finomabb szögfelbontás	A THz jelek lehetővé teszik az ultramasszív MIMO antenna konfigurációk, amelyek nagyon finom szögfelbontást biztosít
Támogatás a nagyon nagyszámú eszközök	Sűrűbb hálózatok	Elosztott és sejtmentes masszív MIMO hálózatok

A következőkben röviden bemutatunk három fontos technológiai tényezőt, nevezetesen a terahertzes technológiákat, a rugalmas hálózatokat és az integrált lokalizációt, valamint a kapcsolódó kutatási kihívásokat. A negyedik kutatási területet, a 6G hálózati architektúrát a következő, "A 6G hálózati architektúra felé" című részben tárgyaljuk részletesebben.

Terahertzes technológiák az ultranagy adatátviteli sebességhez

A vezeték nélküli kapcsolatokban az elképzelt akár több Tbit/s-os adatátviteli sebesség eléréséhez 10 GHz-es vagy annál nagyobb sávszélességre van szükség. Ez csak 100 GHz feletti frekvenciákon érhető el, amelyeket általában terahertznek neveznek. A 100 GHz feletti frekvenciák átviteli csatornája, különösen a beltéri környezetek és a járművek közötti, mobilitás mellett történő mellékkapcsolati kommunikáció esetében, nem eléggé kutatott, és új csatornamodelleket kell kidolgozni. A nagy frekvenciák továbbá növelik a Doppler-ráta mértékét, míg a nagy sávszélesség olyan hardveres károsodásokhoz vezet, mint a fáziszaj és a nemlinearitások, amelyeket mind kompenzálni kell. Meg kell vizsgálni a megfelelő adóteljesítményű integrált THz-adók új megközelítéseit, például a GaAs és a GaN vagy a fotonikus InP technológiák kombinációját. Emellett költséghatékony csomagolási technológiákra van szükség a THz-modulok költségének csökkentése érdekében. ([14], [15])

Rugalmas hálózatok a korlátlan 6G elérhetőségért

A heterogén infrastruktúra és a mindenütt jelenlévő lefedettség iránti igény kombinációja rugalmas hálózatot igényel, amely szorosan integrálja a nem földfelszíni hálózati alrendszert.

A 6G-ben a különböző hálózati csomópontok zökkenőmentesebb integrációja várható, mint az 5G-ben, ahol csak az új, nem földi elemek integrálásának első lépéseit

szabványosították. Ezzel az integrációs szinttel valóban globális összekapcsolhatóság valósulhat meg. Általában a hálózati elemek három különböző (magassági) rétegét lehet feltételezni: Földi platformok, légi platformok és űrbe telepített platformok. A

a hálózat összetettsége különböző kihívásokat fog jelenteni, amelyeket elemezni és megoldani kell ahhoz, hogy ilyen 6G rendszereket lehessen telepíteni. Rendszerszinten képesnek kell lenni új hálózati csomópontok dinamikus hozzáadására és eltávolítására (pl. LEO műholdak, UAV-k). Emellett a műholdak közötti útválasztás is kihívást jelent majd az összes ilyen platform között. A platformok közötti, mozgásuk által okozott késleltetés változó lesz, és a földi és nem földi csomópontokkal való együttélési és spektrummegosztási forgatókönyvekben a megfelelő erőforrás- és interferenciakezeléshez kötelező az összes elem pontos helymeghatározása.

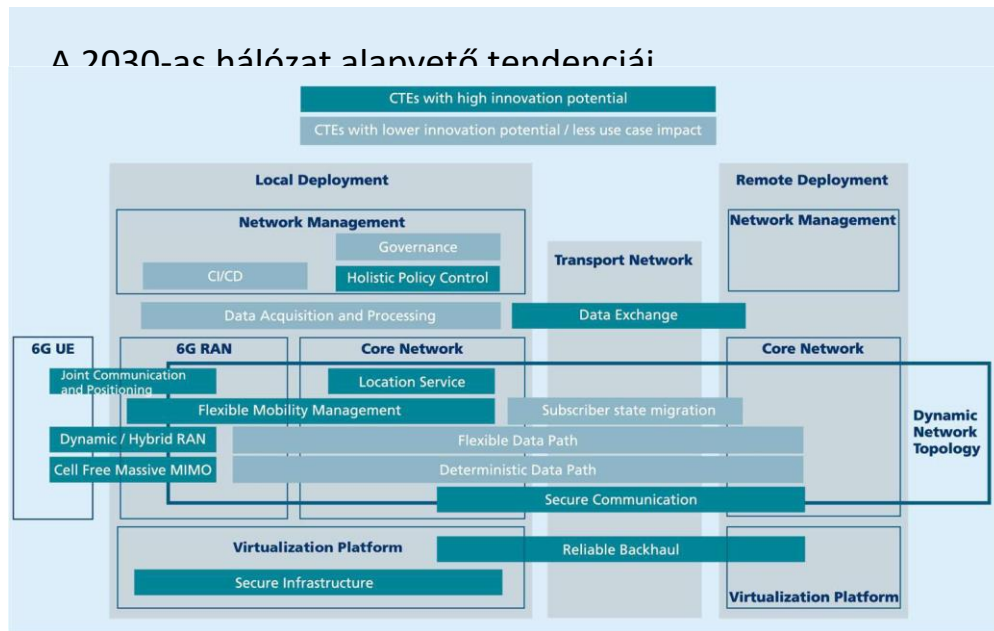
Az 5G maghálózatból kiindulva innovatív koncepciókat kell kidolgozni a biztonságos végponttól végpontig tartó kommunikáció, az infrastruktúrába vetett bizalom, a megbízható és determinisztikus backhaul, az előfizetői állapotelosztás és az adatréteg irányába. Ezek a funkciók kiegészítik az 5G architektúrát, és alapot nyújtanak a 6G architektúrához a zökkenőmentes végponttól végpontig tartó szoftveres hálózat telepítése felé az elosztott hálózati infrastruktúrákon.

Teljesen integrált lokalizáció a 6G hálózatokban a nagyobb pontosság érdekében

A 6G hálózatokban a helymeghatározást főként három technológiai tényező, nevezetesen az elosztott masszív MIMO, a közösen feldolgozott koordinált többpontos átvitel és az ultrasűrű hálózatok hajtják, amelyek a cellamentes masszív MIMO-rendszerek alapját képezik. A cellamentes masszív MIMO nem fix hálózatot, hanem dinamikusan változó, a felhasználót követő hozzáférési pontok klasztereit jelenti. Ezzel a paradigmaváltással új lehetőségek és kihívások merülnek fel. A helymeghatározáshoz horgonyként használható fix bázisállomások most dinamikusan változnak. Új illesztési eljárásokat, protokollokat és funkciókat kell kifejleszteni. A helymeghatározás 6G hálózatokba történő szorosabb integrációjával együtt a helymeghatározással kapcsolatos jelek mérésének nagyobb jelátviteli többletköltsége is jár. Újszerű megközelítésekre van szükség a kommunikáció és a helymeghatározás közös referenciajeléhez. A nagyon nagy sávszélességű terahertzes jelek és az ultrasűrű hálózatok ultrapontos helymeghatározás lehetőségét kínálják (összehasonlításképpen a cm-pontosságú lokalizáció milliméterhullámú jelekkel valósítható meg [16]). A megfelelő ultramasszív MIMO antennatáblák, azok jellemzői és a helymeghatározási teljesítményre gyakorolt hatásuk kutatása szükséges. Továbbá a mesterséges intelligencia módszerek, különösen a sugárirányítás megerősítő tanulása (RL) ígéretes megközelítések a teljesítmény optimalizálásához. Plug-and-play jellegűnek köszönhetően az RL-alapú módszerek képesek a rendszer nehezen megszerezhető modelljei nélkül megoldani a szolgáltatásminőségi és biztonsági korlátozásokkal járó összetett dinamikus problémákat. Ezenfelül lehetőséget nyújtanak értelmezhető döntési szabályok kinyerésére [17].

A 6G hálózati architektúra felé

A 6G architektúrának figyelembe kell vennie, hogy a kiválasztott felhasználási eseteket hogyan lehet támogatni a 2030-as infrastruktúra kontextusában, amikor nagy mennyiségű számítási erőforrás áll majd rendelkezésre különböző helyeken, a mobiltelefonoktól kezdve az egyetemi hálózatok háttérén át a műholdas hasznos terhekig, illetve igény szerint a különböző mobil járművekben. Ehhez a hálózatnak a meglévő számítási és hálózati erőforrásokhoz kell alkalmazkodnia, és az egyes előfizetői kontextusokat át kell alakítania [2], [3].



5. ábra: Rugalmas hálózatok magas szintű funkciói

Ezenkívül tartalmaznia kell a csatlakozási szolgáltatást támogató jelenlegi 5G funkciókat, például a hitelesítést és engedélyezést, a kapcsolat- és mobilitáskezelést vagy a munkamenet-kezelést. Ahhoz, hogy a szolgáltatások diverzifikációjára reagálni tudjon, az architektúrának nyitottságot kell fenntartania az új szolgáltatások új hálózati funkciók formájában történő hozzáadására. Bár az 5G architektúra a szolgáltatásalapú architektúra (SBA) elfogadásával ezt a funkciót célozta meg, egy ilyen nyitott architektúra nem lehetséges, mivel az új szolgáltatások nagymértékben függenek a meglévő szolgáltatások kínálatától. Végül minden bővítés a meglévő szolgáltatások frissítését is megköveteli, ami kiterjedt szabványosítási folyamathoz vezet.

KövetelményekKihívások

Infrastruktúra nélküli végrehajtás	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Telepítés bármilyen hardveren ▪ Átlátható hálózati kötések ▪ Figyelembe kell venni az észrevehető szolgáltatási jellemzőket
☹□○□●ℳ⊗⋈◆↑•ℳ•↗&ℳ■◆↑•	<p>A funkciók új elemekbe való átcsoportosítása</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funkciómásolatok eltávolítása ▪ Az eljárásoként kicserélt üzenetek számának csökkentése ▪ A RAN és a Core vezérlés egységes támogatása az élen ▪ Szolgáltatásalapú architektúra az UE számára
Szerves ■↗❖ℳ&ℳ⊕↑•	<p>A funkcionalitás átcsoportosítása</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Feldolgozási és állapotelemek megosztása
Az új funkciók hozzáadásának egyszerűsítése	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A funkcionális függőségek csökkentése ▪ Csökkentse az interfészek számát
Nagyon gyors skálázás	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terheléselosztás natív támogatása ▪ Hatékony állami megosztás
Nagy párhuzamosítási kapacitás	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Könnyen megosztható a terhelés több dolgozó egység között ▪ Képes párhuzamosítani elosztott infrastruktúrákban
Folyamatos integráció / folyamatos telepítés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A funkcionalitás kíméletes telepítése a rendszer futási ideje alatt - a földön, a levegőben, az égben. ▪ Ugyanolyan típusú komponensek, egységes irányelvek a skálázáshoz, egységes konfigurációk, könnyű alkalmazkodni az automatizáláshoz.
A hálózati irányítás egyszerűsítése	
A meglévő 5G funkciók támogatása	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hozzáférés-szabályozás, hitelesítés és engedélyezés ▪ Csatlakozáskezelés ▪ Mobilitásirányítás ▪ Munkamenet-kezelés ▪ RAN képességek kezelése ▪ Adatútvonal-továbbítás ▪ Jogszerű elfogás és terhelés

Ahhoz, hogy ezeket a követelményeket kíméletes módon lehessen kezelni, a teljes architektúrát a párhuzamos szoftverfejlesztések összefüggésében kell újragondolni. Ez feltételezi a hálózati funkciók fogalmi szintű elemzését.

Ahogy a név is mondja, a hálózati függvények funkcionálisan a bemeneti és kimeneti interfészeik, az üzeneteket feldolgozó átviteli függvény és a megfelelő feldolgozást lehetővé tevő előfizetői állapot alapján kerülnek meghatározásra. Végző soron egy hálózati funkció önmagában egy rendszer, amely a többi hálózati funkciótól függetlenül működik. Mivel szabványosított bemeneti és kimeneti interfészekkel rendelkeznek, a többi hálózati funkciótól elszigetelten valósíthatók meg és tesztelhetők, ami egyszerű interoperabilitási teszteket tesz lehetővé.

Az egyes hálózati funkciók teljes függetlensége azonban számos korlátozást jelent. A független állapot fenntartása minden egyes komponensben információ-többszörözést eredményez, valamint sok üzenetet kell kicserélni a komponensek között. Ezen túlmenően

a nagyszámú üzenet további

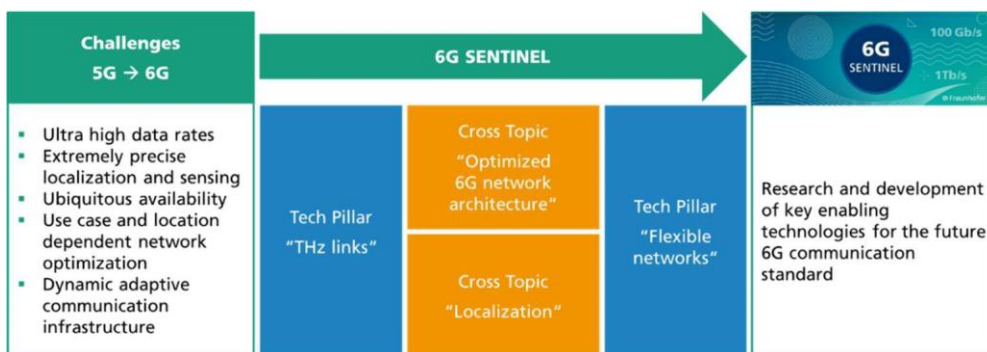
a komponensek közötti kötések, így a rendkívül rugalmas rendszer helyett valójában egy nagyon monolitikus rendszerrel rendelkezünk, amelyben nincs lehetőség új szolgáltatások bevezetésére anélkül, hogy a rendszerben ne lenne kaszkádszerű módosítási hatás.

Fraunhofer világítótorony projekt 6G SENTINEL

A korábban azonosított fő mozgatórugók, kihívások és alaptechnológiák alapján új válaszokra van szükség a gyorsan növekvő teljesítményigények kezeléséhez. A 6G SENTINEL célja nemcsak a meglévő 5G technológiák továbbfejlesztése, hanem olyan vadonatúj megközelítések kidolgozása is, amelyek segítségével az olyan alkalmazások, mint a virtuális valóság, a digitális ikrek és az autonóm vezetés valódi áttörést érhetnek el a 6G-vel.

A Fraunhofer 6G SENTINEL (Six-G Enablers, Flexible Networks, THz Technology and Integration, Non-Terrestrial Networks, SidELink, and Localization) keretében az öt résztvevő Fraunhofer Intézet kulcsfontosságú technológiákat fejleszt a jövő 6G mobilkommunikációs szabványához.

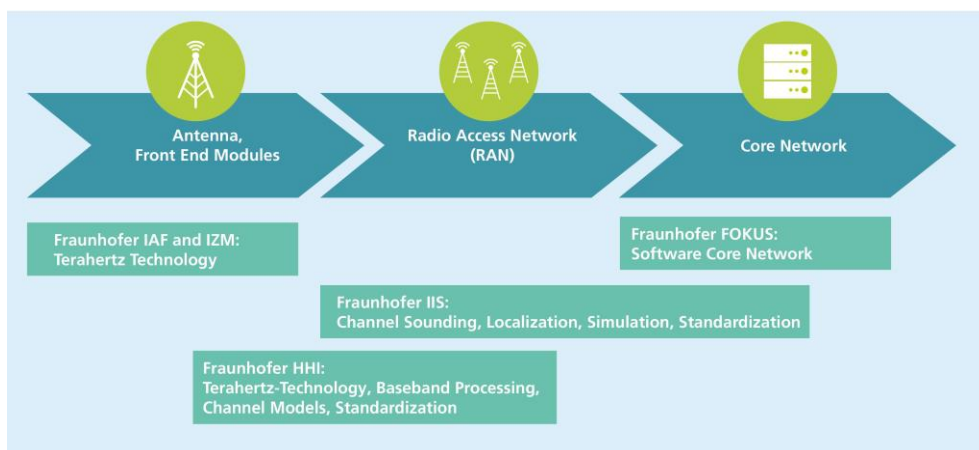
A 6G SENTINEL a mobilkommunikáció legsürgetőbb kihívásaira keresi a hatékony megoldásokhoz vezető gyakorlati utakat (6. ábra).



6. ábra: 6G SENTINEL: az 5G-től a 6G-ig terjedő kihívások és az azokat lehetővé tevő technológiák

A 6G SENTINEL az eszközantennák és az elülső modulok fejlesztését célozza. Célja továbbá az átviteli technológiák optimalizálása a rádió-hozzáférési hálózat (RAN) dinamikus, heterogén telepítéseiben, valamint a törzshálózat rugalmasságának növelése. Ez azt jelenti, hogy a projekt támogatja a mobilkommunikációs hálózat valamennyi releváns komponensének további fejlesztését.

A Fraunhofer-intézetek a földi és műholdas rádiós hozzáférési hálózatok, a lokalizáció, a maghálózatok, a THz-kommunikációhoz szükséges félvezető technológiák és az elektronikai csomagolás területén szerzett, egymást kiegészítő szakértelemmel vesznek részt a projektben. Ezáltal az alkalmazási know-how, a 6G hálózat egyes aspektusaira vonatkozó technológiai szakértelem és az átfogó rendszerszakértelem egyedülálló módon kapcsolódik össze.



7. ábra: 6G SENTINEL: technológiai szakértelem a 6G-hez

A 6G SENTINEL nagyon pragmatikus és agilis megközelítést követ a technológiafejlesztés terén, amely a Fraunhofer nagy tapasztalatából ered, amelyet az iparral való együttműködés és a szabványosítás terén szerzett. Emellett a 6G SENTINEL célja, hogy a 6G fejlődésének első szilárd perspektíváját nyújtsa, valamint hogy a 6G gyakorlati fejlesztések világítótornyaként működjön. Egy nagyon agilis ütemtervet állítottak fel, amely 2021 és 2022 során jelentős eredményeket hozott a koncepcionális fejlesztések terén, és 2022 szeptemberében az új fejlesztések első bemutatására került sor. Ezzel a 6G SENTINEL úttörő szerepet tölt be a K+F-ben az alkalmazott kutatási közösségben belül.



8. ábra: 6G SENTINEL ütemterv és mérföldkövek

Mit nyújt a 6G SENTINEL

- A 6G világméretű fejlesztéseinek független értékelése
- A 2030-ra tervezett infrastruktúrát célzó funkciók tervezése és specifikációja
- Integrált fejlesztések heterogén technológiákon keresztül, világszinten elismert szakemberek által
- Pragmatikus technológiafejlesztés a következő területeken:
 - THz kommunikáció
 - rugalmas hálózatok
- A technológiák gyakorlati bemutatása, a technológiák működésének bemutatása a koncepciókon és a felhasználási esetek felsorolásán túlmenően.
- Nyitott környezet az eszmecserehez és a 6G közös fejlesztésének lehetővé tételéhez
- A 6G környezet fejlesztésének felgyorsítása egy olyan átfogó környezet biztosításával, amelybe a saját kutatásokat be lehet ágyazni.

További olvasnivalók

- [1] 6G SENTINEL weboldal, <https://www.iis.fraunhofer.de/6g-sentinel>
- [2] E. Bertin, N. Crespi, T. Magedanz (szerkesztők), "Shaping Future 6G Networks: Needs, Impacts and Technologies", ISBN: 978-1-119-76551-6, Nov 2021, Wiley-IEEE Press, <https://www.wiley.com/en-be/Shaping+Future+6G+Networks%3A+Needs%2C+Impacts%2C+and+Technologies-p-9781119765516>.
- [3] Corici, M. et al., "An Ultra-Flexible Software Architecture Concept for 6G Core Networks", in Proceedings of IEEE 4th 5G World Forum (5GWF) 2021, pp. 1-5, IEEE, október 2021.
- [4] ITU Focus Group NET-2030, "A Blueprint of Technology, Applications and Market Drivers Towards the Year 2030 and Beyond", https://www.itu.int/en/ITU-T/fokuszcsoportok/net2030/Dokumentumok/White_Paper.pdf
- [5] NGMN Alliance, "6G Drivers and Vision", V1.0, https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/NGMN-6G-Drivers-and-Vision-V1.0_final.pdf
- [6] 5G Infrastructure Association (5G IA), "European Vision for the 6G Network Ecosystem", V1.0, 2021-06-07, <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2021/06/WhitePaper-6G-Europe.pdf>.
- [7] Hexa-X Deliverables, <https://hexa-x.eu/deliverables/>
- [8] 6G Flagship (Oulu Egyetem) Fehér dokumentumok, <https://www.6gchannel.com/6g-white-papers/>
- [9] Samsung, "6G The Next Hyper-Connected Experience for All", https://cdn.codeground.org/nsr/downloads/researchareas/20201201_6G_Vision_web.pdf
- [10] NTT Docomo Fehér Könyv, "5G Evolution and 6G", 2021. február (3.0 verzió), https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOCOMO_6G_White_PaperEN_v3.0.pdf
- [11] 5G Americas, "Mobile Communications Towards 2030", Fehér könyv, 2021 november, <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2021/11/Mob-Comm-Towards-2030-WP.pdf>
- [12] ATIS Next G Alliance, Action paper "Promoting U.S. Leadership on the Path to 6G", 2020. május, <https://www.atis.org/wp-content/uploads/2020/07/Promoting-US-Leadership-on-Path-to-6G.pdf>
- [13] Rohde & Schwarz (Dr. Nishith D. Tripathi, Dr. Jeffrey H. Reed), "5G evolution - on the path to 6G", Whitepaper 01.00 verzió.
- [14] C. Castro, R. Elschner, T. Merkle, C. Schubert és R. Freund, "Experimental Demonstrations of High-Capacity THz-Wireless Transmission Systems for Beyond 5G", in *IEEE Communications Magazine*, vol. 58, no. 11, pp. 41-47, November 2020, doi: 10.1109/MCOM.001.2000306.
- [15] A. -A. A. Boulogeorgos et al., "Terahertz Technologies to Deliver Optical Network Quality of Experience in Wireless Systems Beyond 5G", in *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 6, pp. 144-151, June 2018, doi: 10.1109/MCOM.2018.1700890.
- [16] G. Yammine, M. Alawieh, G. Ilin, M. Momani, M. Elkhoully, P. Karbownik, N. Franke és E. Eberlein, "Experimental Investigation of 5G Positioning Performance Using a mmWave Measurement Setup", in 11th International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, Spanyolország, november 2021.
- [17] L. Schmidt, G. Kontes, A. Plinge, C. Mutschler, "Can You Trust Your Autonomous Car? Interpretable and Verifiably Safe Reinforcement Learning", in Proceedings of the 2021 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Japán, 2021. július.