Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság

Magánhálózati megoldások az 5G tükrében

(Műszaki és szabályozási szempontok)

2021. december 16.

Bevezetés 3
1 Szabályozási keretek 3
1.1 A rádióspektrumhoz való hozzáférés lehetséges módjai 3
1.2 Rádióspektrum másodlagos kereskedelmi megállapodás hatósági jóváhagyása 5
1.3 Erőforrásmegosztási kategóriák 5
2 Magánhálózatok 5G képességéhez szükséges erőforrások biztosítása 6
2.1 Erőforrások 6
2.2 Az értéklánc lényeges elemei 7
2.3 Azonosított szereplők közötti kapcsolatok 9
3 Magánhálózat igénylők hozzáférése a rádióspektrumhoz – szolgáltatástól a saját rádióspektrumhasználatig 12
3.1 Magánhálózat saját hálózattal és rádióspektrummal 12
3.2 Szolgáltatás modell – MNO mobil szolgáltatást nyújt 13
3.3 MNO lokális maghálózati funkciókat és elkülönített rádióspektrumot biztosít 14
3.4 MNO lokális maghálózati funkciókat és (nem elkülönített) rádióspektrum-hozzáférést biztosít 16
3.5 Aktív infrastruktúra megosztás – (pl. MOCN „spectrum pooling” nélkül) 17
4 Technikai megoldások az 5G kiteljesedése után 18
4.1 5G magánhálózatok hálózatszeleteléssel 18
4.1.1 A használt jelölések és fogalmak 18
4.2 Önálló, fizikailag elkülönített 5G magánhálózat 19
4.3 Hibrid magánhálózatok hálózatszeleteléssel 21
4.3.1 A RAN hálózat megosztása a magánhálózat és a nyilvános hálózat között 21
4.3.2 A RAN hálózat és a vezérlési sík megosztása a magánhálózat és nyilvános hálózat között 23
4.4 Virtuális magánhálózat hálózatszeleteléssel: A RAN hálózat és a maghálózat megosztása a magánhálózat és nyilvános hálózat között (végtől-végig vezérlés) 24
1. függelék Rövidítések 26
2. Függelék Fogalomgyűjtemény 27

Bevezetés

A mai felgyorsult világban fontos, hogy az élet különböző területein olyan idő- és költséghatékony megoldások szülessenek, amelyekkel rugalmasan lehet alkalmazkodni a technikai fejlődéshez. Ilyen megoldásokat nyújthatnak a mobil technológián alapuló magánhálózatok, amelyekkel a nyilvános hálózattól elkülönítve, közvetlenül az ügyfeleknél létrehozott hálózatokkal megvalósítható lehet, többek között, az ügyfél egyéni igényeire szabott átviteli sebesség, a szükséges válaszidő vagy az adatok biztonságos kezelése. Az utóbbi években megkezdődött a mobil magánhálózatok (nem nyilvános, jellemzően földrajzilag korlátozott területen elérhető vezeték nélküli hálózatok) elterjedése, jelenleg többségében LTE alapú magánhálózatok működnek, azonban az 5G technológia térhódításával az 5G magánhálózatok ugrásszerű növekedése várható, új felhasználási lehetőségek és igények jelentek meg ezen a területen is.

Az 5G képesség például az ipar, a szállítmányozás, az oktatás/kutatás (egyetemek), az egészségügy, azaz jelen írás tárgykörében vertikumok részére nyithat új lehetőségeket. A nagyszámú eszköz csatlakoztatásának lehetőségét, az alacsony késleltetési időt és a megnövekedett adatátviteli képességet látjuk kiemelkedően fontosnak a vertikumok esetében. Emellett fontos tulajdonsága a technológiának a nagy mértékű személyre szabhatóság, amire jó példa a magánhálózatok (vagy priváthálózatok vagy akár nem publikus hálózatok) kialakításának lehetősége. Az 5G esetében olyan új fejlesztések is megjelentek, amelyekkel a valós fizikai kiépítés mellett virtualizációs technikákkal is megvalósíthatóak magánhálózatok, ilyen pl. a hálózatszeletelés (network slicing). Az új lehetőségek a vertikumok igényeit is növelik és alakítják, illetve a mobilhálózat-üzemeltetők (a továbbiakban: szolgáltatók vagy MNO-k) szolgáltatáspalettáját is színesítik.

Az 5G új szemléletet hoz minden érintett oldaláról (beleértve az állami és a piaci szereplőket). Ez az új szemlélet egyre több új kérdést vet fel a rádióspektrum-gazdálkodás és infrastruktúra használat szemszögéből is, így például azt, hogy kell-e önálló rádióspektrumhasználati jog magának a vertikumok képviselőinek, jelen esetben kifejezetten a magánhálózatok működtetéséhez vagy szolgáltatás igénybevétele is megfelelő számukra. Ha önálló rádióspektrumhasználóvá válnak, kérdés, hogy honnan lesz hozzáférésük 5G-re is alkalmas rádióspektrum erőforráshoz a magánhálózati képességek igénylőinek. Ilyen és ehhez hasonló kérdésekre keressük a válaszokat a következő fejezetekben a rendelkezésre álló adatok vizsgálatával a szabályozás, az infrastruktúra és a technológia szemszögéből. A jelen szakmai elemző anyaggal célunk a legjellemzőbb esetek beazonosítása, különösen azoké, melyekhez valamilyen hatósági jogi aktus szükséges.

Az NMHH jelen szakmai áttekintő anyaga tájékoztatásul szolgál, a vonatkozó alkotmányjogi elvek és gyakorlat alapján az NMHH – hatósági eljárás kereteit nélkülöző eljárásban kiadott – véleménye sem jogszabálynak, sem más jogforrásnak vagy közjogi szervezetszabályozó eszköznek nem tekinthető, az semmiféle normatív jelleggel, jogi erővel, illetve kötelező tartalommal nem rendelkezik.

1 Szabályozási keretek

1.1 A rádióspektrumhoz való hozzáférés lehetséges módjai

Több elméleti megoldási lehetőség is mutatkozik arra, hogy egy magánhálózatnak (a magánhálózatot valamilyen tetszőleges kommunikációs célból használni kívánó, illetve magánhálózati képességeket igénylő piaci szereplőknek (akár jogi vagy természetes személy, a továbbiakban „magánhálózat igénylő” vagy az egyszerűbb olvashatóság érdekében egyszerűen „magánhálózat”) hozzáférése legyen az 5G nyújtotta képességekhez. A paletta igen széles. A rádióspektrum-gazdálkodás területére eső szabályozási szempontból négy lényegesen eltérő esetet azonosítottunk be:

1. rádióspektrumhasználati jogosultsággal és joggal rendelkező szolgáltatótól (MNO, „mobile network operator”, azaz mobilhálózat-üzemeltető) **szolgáltatásként** veszi igénybe az 5G képességet (hozzáférést a rádióspektrumhoz, hálózathoz, esetleg végfelhasználói eszközökhöz egy szolgáltatás keretében);
2. MNO-tól **haszonbérleti megállapodás** (másodlagos kereskedelem) keretében szerez rádióspektrum hasznosítási lehetőségét;
3. MNO-tól **átruházás** eredményeként szerez rádióspektrumhasználati jogosultságot és jogot (másodlagos kereskedelem);
4. a tulajdonosi jogokat gyakorló hatóságtól elsődleges szerzés keretében szerez rádióspektrumhasználati jogosultságot vagy jogot (pl. a versenyeztetési eljárás eredményeként vagy egyszerűsített engedélyezés alapján).

1. Táblázat – Magánhálózat igénylők rádióspektrumhoz való hozzáférésének lehetőségei

	Rádióspektrum-használati jogosult	**Rádióspektrum használója**	**Jogalap**	**Megjegyzés rádióspektrum használat szempontjából**
1. Szolgáltatás	MNO (mint szolgáltató)	MNO (mint szolgáltató)	Szolgáltatási feltételek	
2. Haszonbérlet (másodlagos kereskedelem)	MNO (mint eredeti jogosult)	Magánhálózat (mint haszonbérbe vevő)	Haszonbérleti megállapodás	NMHH jóváhagyás Egyszerűsített jóváhagyás lehetősége
3. Rádióspektrumhasználati jogosultság szerzése átruházással (másodlagos kereskedelem)	Magánhálózat (mint „vevő”)(az eredeti jogosult, az MNO az „eladó”)	Magánhálózat (mint „vevő)	Átruházási megállapodás	NMHH jóváhagyás A szerzés módját leszámítva azonos 4. ponttal
4. Rádióspektrum használati jogosultság, jog - elsődleges szerzésként	Magánhálózat (mint eredeti jogosult)	Magánhálózat (mint eredeti jogosult)	Jogosultság-, jog-, jogszabály alapján	NMHH egyedi engedély Jelenleg nincs 5G magánhálózatok számára „dedikált[1]” rádióspektrum

[1] Dedikált rádióspektrumnak tekinthetjük a meghatározott célra felosztott és elérhetővé tett rádióspektrumot, ahol a meghatározott célra a rádióspektrum használata vagy jogszabály, vagy a hatóság egyedi engedélye alapján lehetséges.

A jelenleg hatályos jogszabályok keretei között magánhálózat igénylő csak másodlagos kereskedelem vagy szolgáltatás igénybe vétele útján tud 5G képességekhez jutni (1. táblázat szerinti 1., 2., 3. esetek).

Az 1. táblázat szerinti 1. eset a legegyszerűbb, a magánhálózat igénylők számára egy MNO szolgáltatásként biztosítja a kommunikációhoz szükséges erőforrásokat. Ebben az esetben a rádiós erőforrás vezérlése a szolgáltató feladata.

Az 1. táblázat szerinti 2. esetben a magánhálózat igénylő, mint haszonbérlő haszonbérleti megállapodás keretében[2] szerez jogot a rádióspektrum hasznainak szedésére, így kapva hozzáférést a rádióspektrumhoz. A 3. esetben a rádióspektrumhasználati jog és jogosultság is (részben vagy egészben) gazdát cserél.

Az 1. táblázat szerinti 3. és 4. eset abból a szempontból hasonlít egymásra, hogy a szóban forgó magánhálózat igénylő saját rádióspektrumhasználati jogosultságra, illetve jogra tesz szert. A szerzés pillanatától fogva a rádióspektrumhasználattal járó felelősség is őt terheli. Ennek egyik lényegi eleme, hogy ő felel a zavartatásmentes használatért.

Az 1. táblázat szerinti 4. eset a jogszabály alapján egyedi engedély nélkül használható vagy az NMHH által engedélyezett, esetleg versenyeztetett rádióspektrumra vonatkozik. (Ez esetben sem szolgáltatás igénybevételére, sem másodlagos kereskedelem keretében történő rádióspektrum-használati jog szerzésére nincs szüksége a magánhálózat igénylőjének, maga gondoskodik hálózatának üzemeltetéséről és felel a zavarmentességért.)

1.2 Rádióspektrum másodlagos kereskedelmi megállapodás hatósági jóváhagyása

A hatályos jogszabályok alapján az elsődleges szerzés mellett a másodlagos kereskedelem is megengedett a rádióspektrumgazdálkodás területén. Az eljárási szabályokat a rádiófrekvenciák másodlagos kereskedelméről szóló 7/2013. (IX. 19.) NMHH rendelet rögzíti, mely alapján a haszonbérleti vagy átruházási megállapodások hatályba lépéséhez szükséges az NMHH jóváhagyása.

A 7/2013. (IX. 19.) NMHH rendelet Európai Elektronikus Hírközlési Kódex-szel[3] való összhang érdekében történt módosítása (15/2020. (XII. 15.) NMHH rendelet) keretében meghatározott esetekben lehetőség lesz egyszerűsített jóváhagyási eljárásra. Hasonlóan az egyszerűsített engedélyezési eljáráshoz ez az eljárás is elektronikus úton történik majd. Az egyszerűsített eljárás 2022 júliusától lesz kezdeményezhető, ha a haszonbérleti megállapodás:

a) területi kiterjedése nem éri el az 500 km^2-t;
b) nem nyilvánosan elérhető elektronikus hírközlési szolgáltatás nyújtása érdekében történik; és
c) legfeljebb 5 évre szól a megállapodás.

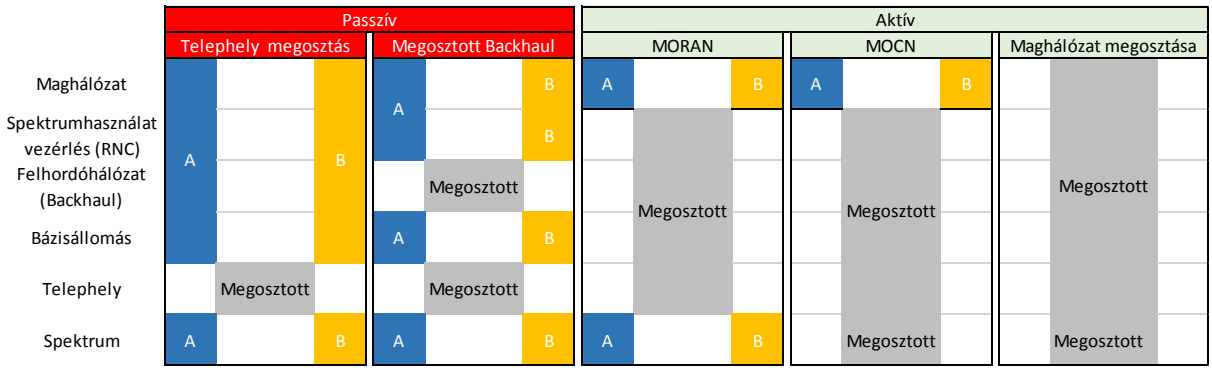
1.3 Erőforrásmegosztási kategóriák

Már az 5G bevezetése előtt is éltek a megosztott erőforráshasználat lehetőségével a hálózatüzemeltetők, elsősorban a hatékonyság növelése, tájképvédelmi szempontoknak való megfelelés, majd egyre inkább a költségcsökkentés céljából. Ennek eredményeképpen többnyire hasonló felépítésű hálózatok különböző szintű kapcsolata, összekapcsolása valósult meg (akár haszonbérleti akár egyéb együttműködési formában). Az utóbbi időben, már egyre több esetben, nem csupán megosztott infrastruktúra használatról, vagy közös

[2] a rádiófrekvenciák másodlagos kereskedelméről szóló 7/2013. (IX. 19.) NMHH rendeletnek megfelelően
[3] az Európai Elektronikus Hírközlési Kódex létrehozásáról szóló, 2018. december 11-i (EU) 2018/1972 európai parlamenti és tanácsi irányelv

eszközhasználatáról beszélhetünk, hanem annak egy rádiós szempontból intenzívebb együttműködésen alapuló közös használata is megjelent.

Az erőforrások megosztásának értelmezésében segítséget nyújthat az első ábra[4]:



1. Ábra- Infrastruktúra megosztási kategóriák

Az ábrán az látható, hogy a hálózat mely elemei érintettek az egyes erőforrásmegosztási kategóriákban, az alábbiak szerint:

- passzív infrastruktúra megosztás: ahogy a neve is sugallja, aktív hálózati elemek nem vesznek részt a megosztásban (pl. telephely megosztás);
- MORAN (Multi Operator Radio Acces Network): a rádiós hozzáférési hálózat egyes elemeinek megosztottságára utaló kategória, a rádióspektrumhasználat nem közös;
- MOCN (Multi Operator Core Network) +spectrum pooling (közös rádióspektrum használat): ebben az esetben egészen a maghálózatig menően lehetnek közös használatú elemek a hálózatban, beleértve a közös rádióspektrumhasználatot is;
- CN Sharing (Core Network sharing) azaz a maghálózat megosztása: a maghálózat is a megosztott hálózati elemek között szerepel, a felsorolt lehetőségek közül a hálózatok megosztásának ez a legmagasabb szintje.

Az MVNO (mobile virtual network operator) és a lokális/nemzeti roaming esetek nincsenek feltüntetve az ábrán, de a CN Sharinghez hasonlóan az ábrán felsorolt elemek megosztottnak is tekinthetők, ezekben az esetekben a szolgáltató a számára elérhetővé tett hálózaton keresztül nyújt szolgáltatást, a rádiós erőforrás menedzsment minden esetben a hálózatüzemeltető feladata.

2 Magánhálózatok 5G képességéhez szükséges erőforrások biztosítása

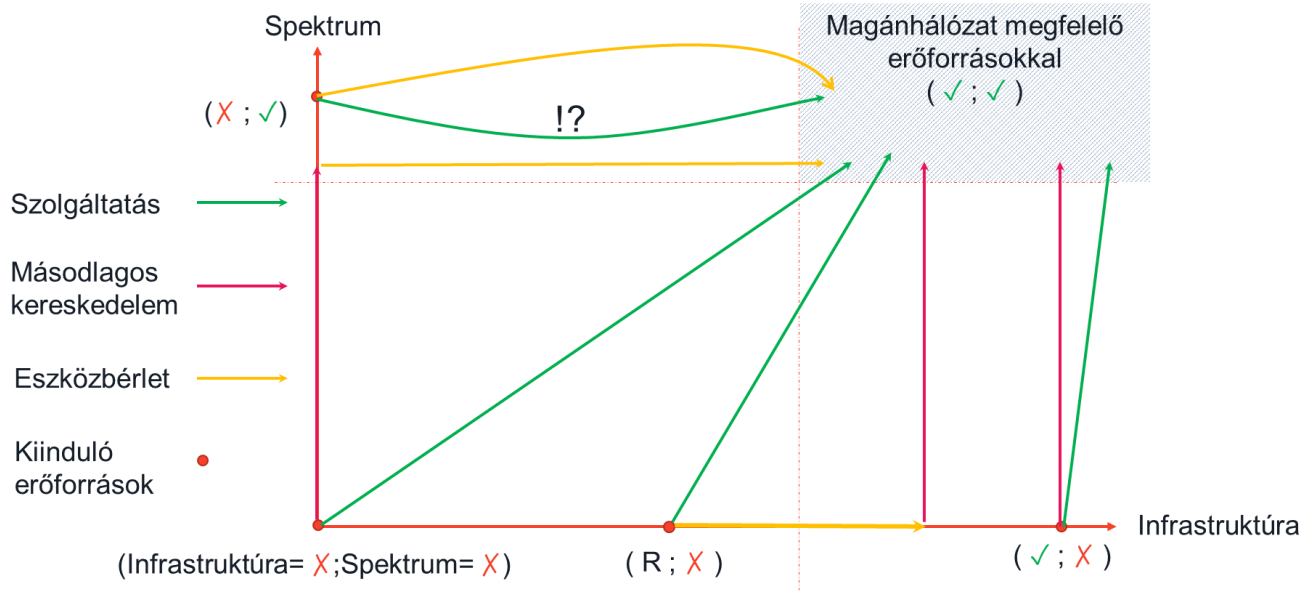
Az 5G által nyújtott új lehetőségek és igények miatt, ahogy a szolgáltatóknak, úgy a szabályozásnak is reagálnia kell a megváltozott körülményekre. Ehhez ismerni kell a valóságban is lehetséges gyakorlati megvalósítási eseteket, szereplőket, megvalósítható vagy tervezett üzleti megoldásokat, amelyekre az 5G esetén lehetőség nyílik. A cél nem az összes elvi lehetőség feltérképezése, hanem a leggyakrabban használt, jellemző megoldások vizsgálata, szükség esetén támogatása. Az új lehetőségek mellett az 5G előtti, már korábban is alkalmazott megoldásokat továbbra is figyelembe kell venni.

2.1 Erőforrások

Alapvetően a kommunikációhoz szükséges rádióspektrum és egyéb infrastruktúra elemek emelhetők ki, mint hírközlési szempontból lényeges erőforrások. A magánhálózatok

[4] https://www.gsma.com/futurenetworks/wiki/infrastructure-sharing-an-overview/

működéséhez ezekből az erőforrásokból kell előteremteni a megfelelő mennyiséget (és minőséget). Ennek lehetőségeit a 2. ábra foglalja össze.



2. Ábra - Erőforrások biztosításának lehetőségei

Az infrastruktúra esetében elképzelhető a szükséges eszközök bérbeadása; szolgáltatásként történő kiépítése és üzemeltetése; hozzáférés biztosítása meglévő infrastruktúrához (akár infrastruktúra megosztás útján vagy virtualizációs technikák segítségével a funkciók és kapacitás bizonyos részéhez). A szükséges rádióspektrum az 1. táblázatban található lehetőségek útján biztosítható.

2.2 Az értéklánc lényeges elemei

Részben a lehetséges szerepek megismerése, de ugyanennyire az elnevezések egységes használata érdekében is érdemes összegyűjteni a magánhálózatok szempontjából releváns szereplőket.

Magánhálózat

A magánhálózat, az esetlegesen 5G képességeket is elérhetővé tevő szélessávú hálózatot valamilyen speciális (ipari, mezőgazdasági, tudományos, logisztikai, egészségügyi, közlekedési stb.) célból vezetéknélküli kommunikációra használó konkrét, nyilvános hálózatoktól (részben, egészében vagy csak virtuálisan) elkülönült mobil hálózat.

Az angol „private network” kifejezés megfelelőjének a magánhálózat kifejezést azonosítottuk be és ezt igyekszünk a hazai szakmai nyelvezetben következetesen alkalmazni (ismert még a priváthálózat, illetve a nem publikus hálózat kifejezés is a szakirodalomban erre a fogalomra). A jelen dokumentum fókuszában lévő magánhálózatokat (különös tekintettel az 5G később elérhető lehetőségével) a speciális cél és ennek megfelelő kiépítés, valamint többnyire lokális és behatárolt működési terület(ek) jellemzi(k).

Magánhálózatokat többféle módon is létre lehet hozni attól függően, hogy mennyire szeparáltak a nyilvános hálózatoktól. Így megkülönböztethetünk

- Önálló magánhálózatokat
- Hibrid magánhálózatokat
- Virtuális magánhálózatokat

Az önálló magánhálózatok teljesen függetlenek a nyilvános hálózattól, jellemzően nincs közöttük kapcsolat, teljesen autonóm módon működnek.

A hibrid magánhálózatok a magán infrastruktúra és a nyilvános infrastruktúra kombinálásával jönnek létre, jellemzően a nyilvános infrastruktúrának csak egyes részeit használják fel.

A virtuális magánhálózatok teljes mértékben a nyilvános hálózat erőforrásait felhasználva jönnek létre, csak olyan mértékben vannak magánhasználatú elemei, amilyen mértékben ez a vertikum specialitásai miatt szükséges.

Vertikum

Meghatározott végfelhasználói kör kiszolgálására, illetve speciális, nem kimondottan rádiótávközlési cél megvalósítására fókuszáló szereplők összessége, akiknek azonban a belső kommunikációs igényeik kielégítéséhez elektronikus hírközlő hálózatra van szükségük. Ugyanazt a speciális (vagy hasonló) cél kielégítését szolgáló magánhálózatok ugyanabba a vertikumba tartoznak.

Vertikum lehet például az egészségügy, energetika, közlekedés, ipar, oktatás, logisztika, közbiztonság stb.

MNO

Mobil rádiótelefon-hálózat[5] üzemeltető, aki jellemzően saját infrastruktúrával és rádióspektrumhasználati jogosultsággal, joggal rendelkezik.

Piaci szereplőként, jellemzően ellenszolgáltatás fejében nyújt elektronikus hírközlési szolgáltatást az azt igénylők– köztük a magánhálózati képességeket igénylők– számára. Szolgáltatásai közé tartozhat az 5G képességekhez hiányzó erőforrások elérhetővé tétele.

Ezen kívül másodlagos kereskedelem útján is biztosíthat hozzáférést 5G képes rádióspektrumhoz magánhálózat igénylők részére.

Infrastruktúra szolgáltató

Olyan piaci szereplő, aki az elektronikus hírközlő hálózatokhoz, akár elektronikus hírközlési szolgáltatás nyújtásához vagy a magánhálózatokhoz szükséges infrastruktúrát biztosítja a hagyományos értelemben vett MNO-k, de akár a magánhálózat-üzemeltetők számára.

A magánhálózat igénylő közvetlenül vagy MNO-n keresztül, vagy bizonyos infrastrukturális elemekhez infrastruktúra szolgáltatón keresztül is hozzáférhet. MNO is lehet infrastruktúra szolgáltató.

Alvállalkozó

A magánhálózat kiépítését (építőipari munkáktól a rendszerintegrációig) és üzemeltetését potenciálisan elkülönülten végző piaci szereplők, polgári jogi jogviszony keretében bevont közreműködők. A fővállalkozók, amennyiben nem áll rendelkezésükre elegendő, megfelelő erőforrás, alvállalkozót vonhatnak be.

Technológiai beszállító

Az elektronikus hírközlő hálózatok működéséhez szükséges infrastruktúra elemeket és technológiát biztosító szereplők.

[5] Eht. 188. § 86. pont

Szabályozó

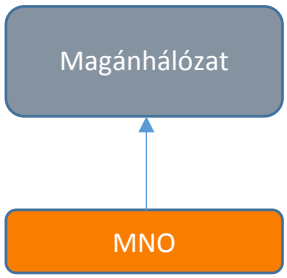
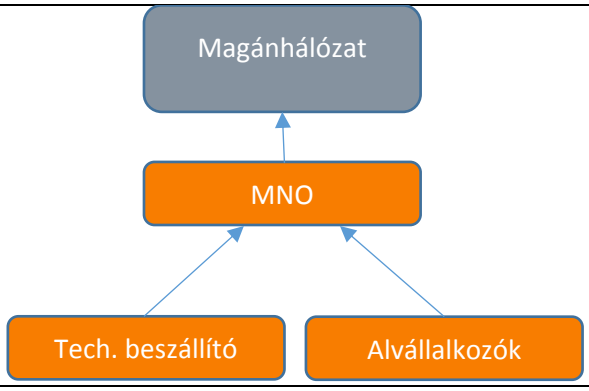
A hírközlési tevékenység tekintetében az NMHH az ágazati szabályozó hatóság.

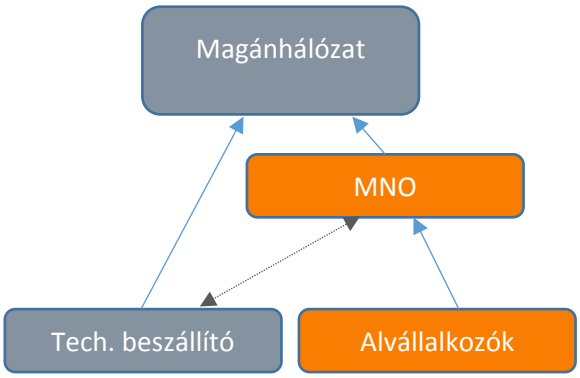
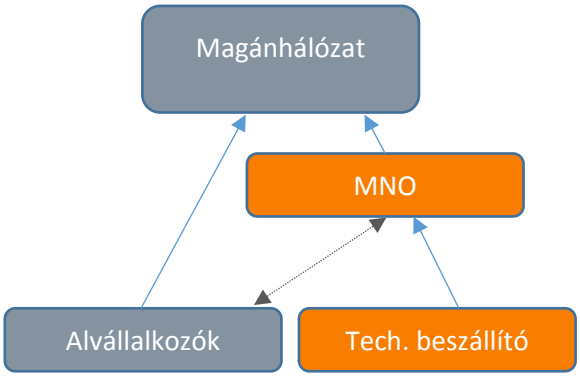
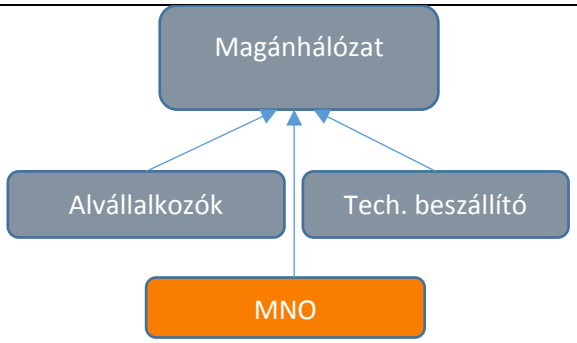
Az NMHH az 5G képességekhez való hozzáférést leginkább ügyfélbarát módon és legszélesebb körben lehetővé tevő szabályozás kialakításán dolgozik az összes érdekelt (különösen: mobil szolgáltató, infrastruktúra szolgáltató, használói kör, vertikum) igényét figyelembe véve.

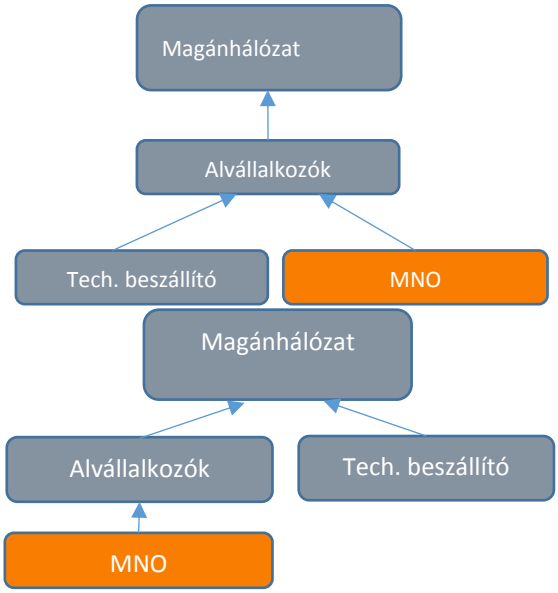
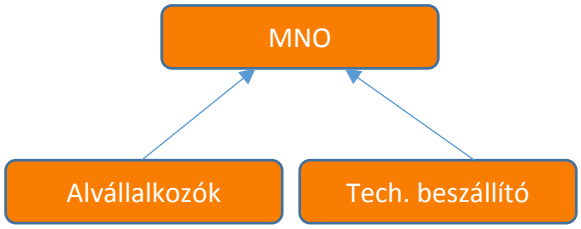
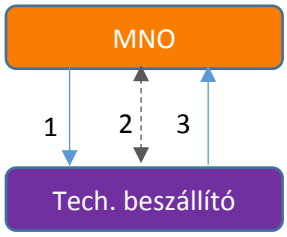
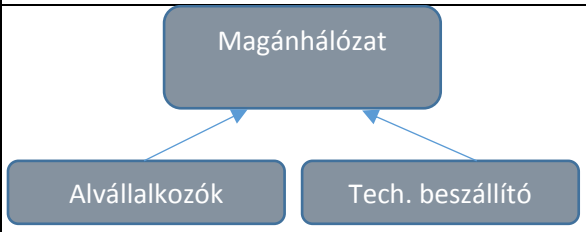
2.3 Azonosított szereplők közötti kapcsolatok

Az 1. táblázat az 5G képességekhez való jutás 4 alapvető lehetőségét (szolgáltatás igénybevétele, másodlagos kereskedelem útján történő hozzáférés a rádióspektrumhoz (átruházás és haszonbérlet) valamint elsődleges rádióspektrumhasználati jogosultként) mutatja be (a megoldások széles skálájának szélső értékei mellett a jogilag már szabályozott két közbenső megoldással). Ezeket a lehetőségeket a magánhálózatok szempontjából releváns szereplők közti kapcsolatokban alkalmazva az 5G képességek igénybevételének valós eseteihez juthatunk közelebb. A 2. táblázatban ezek az azonosított esetek találhatóak az 1. táblázat szerinti esetekhez hozzárendelve, a kapcsolati modell sematikus bemutatásával és egyszerűsített leírással.

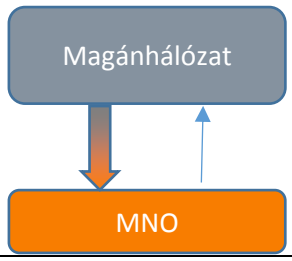
2. Táblázat -az 5G képességekhez (rádióspektrum, infrastruktúra, szolgáltatás) való jutás modelljei

Kategória	Modell	Leírás
1. Szolgáltatás		Teljeskörű 5G szolgáltatás nyújtása az MNO részéről a magánhálózat 5G képességeinek (akár teljes) megteremtésére (pl. késztermék, testre szabási lehetőségekkel) Jellemzők: • a magánhálózat igénylőnek minimális magánhálózati erőforrás áll rendelkezésére; és • az utolsó elemig az MNO hálózatának és/vagy eszközeinek használata (akár még a terminálokat is adhatja az MNO, mint szolgáltató); vagy • az MNO hálózatának használata a terminálok és belső hálózat (intranet) közti kommunikációban; valamint • MNO nyilvános hálózatának használata.
1. Szolgáltatás		MNO testreszabottan kiépíti és üzemelteti (alvállalkozók, beszállítók) a szükséges rendszert szolgáltatásnyújtás formájában. Jellemzők: • MNO hálózat és (akár elkülönített) MNO rádióspektrum használata; és • MNO rádióspektrum menedzsment helyi maghálózati funkciók telepítésének lehetősége.

1. Szolgáltatás		A magánhálózat kiépítését és üzemeltetését <u>részben</u> az MNO végzi (pl. MNO nem kell, hogy ismerje a műszaki részleteit egyes eszközöknek). Jellemzők: • a rádióspektrumhasználat menedzsmentje az MNO felelőssége, (akár a magánhálózat számára elkülönített) MNO rádióspektrum használatával; és • RAN részben MNO részben a magánhálózat igénylő-felügyelete alatt.
1. Szolgáltatás		A magánhálózat igénylő számára az MNO szolgáltatást nyújt az 5G képességek eléréséért az MNO hálózat és (akár elkülönített) MNO rádióspektrum segítségével. Jellemzők: • a rádiótávközlő rendszert (legalább részben) a magánhálózat igénylő alvállalkozója telepíti és tartja karban (pl. mert MNO nem lehet jelen a telepítés helyszínén); és • a rádióspektrumhasználat menedzsmentje az MNO feladata.
1. Szolgáltatás	 vagy	MNO szolgáltatás formájában biztosít hozzáférést a rádióspektrumhoz egy kiépített magánhálózat számára és ehhez maghálózati (minimum rádiós erőforrás vezérlési) funkciókat is ellát. Amennyiben egy magánhálózat igénylője szolgáltatás formájában veszi igénybe az 5G képességeket, minimálisan ilyen mértékben lenne szükséges az MNO bevonása, mivel szolgáltatás esetén a rádióspektrummal kapcsolatos rádiós erőforrás vezérlés a rádióspektrum használati jogosultsággal rendelkező MNO feladat- és felelősségi körébe esik.

1. Szolgáltatás		Az előző esethez hasonlóan kiépített magánhálózathoz kell biztosítani a rádióspektrumot, csak ebben a két (al)esetben ez alvállalkozón keresztül történik, az MNO rádióspektrumát használja a magánhálózat az alvállalkozón keresztül. Jellemzők: • a rádiós erőforrás menedzsment az alvállalkozó feladata; és • szükséges másodlagos kereskedelmi megállapodás az alvállalkozó rádióspektrum-használatához.
4. Saját jogon rádióspektrum használat[6] vagy 3. Átruházás vagy 2. Haszonbérlet		Ilyen eset lehet az MNO saját mobil hálózatának kiépítése/tesztje, illetve 5G magánhálózati kiépítések tesztje. A beszerzett technológiával az alvállalkozó (opcionális) kiépíti a rendszert. Jellemzők: • saját (MNO) rádióspektrum menedzsment
2. Haszonbérlet		A technológia beszállító használja az MNO hálózatát és/vagy frekvenciáit 1. rádióspektrum igénylése (pl. kutatási, fejlesztési célból) MNO-tól 2. komplex együttműködési szerződések alapján 3. akár megbízás keretében pl. technológia kifejlesztésére. A rádióspektrum használati jogának haszonbérbe adása is megoldás lehet. Ezen kívül a kísérleti engedélyek alkalmazásának a lehetőségét is meg lehet vizsgálni.
4. Saját rádióspaktrum		MNO-tól teljesen függetlenül eredeti jogosultként szerez rádióspektrumot a magánhálózat igénylője.

[6] a továbbiakban: saját rádióspektrum

2. Haszonbérlet és 1. Szolgáltatás		Egy magánhálózat igénylője eredeti jogosultként szerzett rádióspektrumát haszonbérbe adja a szolgáltatónak, hogy ő ennek a rádióspektrumnak a használatával szolgáltatást tudjon nyújtani a magánhálózat igénylőnek kommunikációs igényei kielégítésére.
3. Átruházás vagy 2. Haszonbérlet		Egy magánhálózat igénylő az 5G-re is használható rádióspektrum használatához másodlagos kereskedelem keretein belül haszonbérlet vagy átruházás során jut hozzá. Rádióspektrum hasznai szedésének jogát (haszonbérleti megállapodás alapján) vagy rádióspektrum-használati jogot és jogosultságot (átruházás eredményeként) szerez az eredeti rádióspektrumhasználati jogosulttól.

3 Magánhálózat igénylők hozzáférése a rádióspektrumhoz – szolgáltatástól a saját rádióspektrumhasználatig

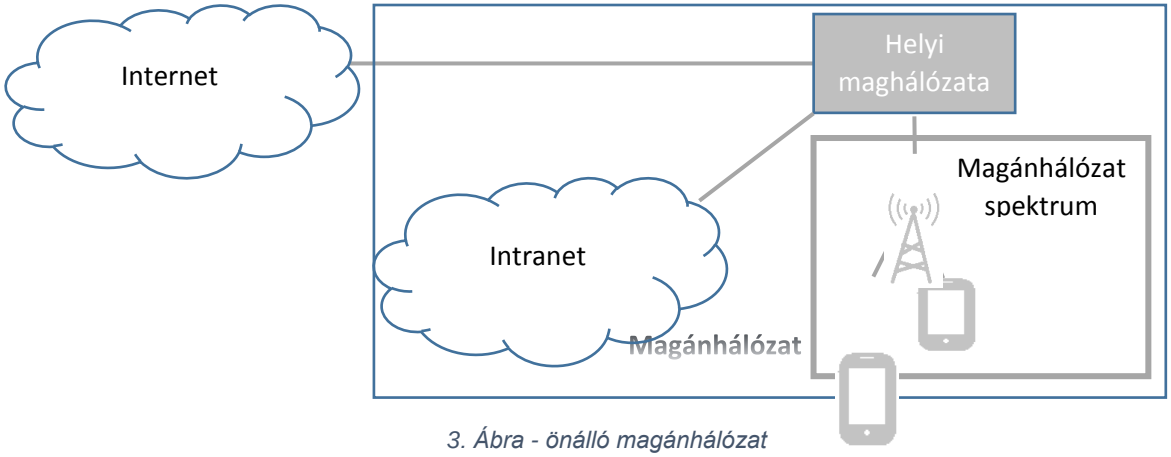
A magánhálózatok megvalósításának lehetőségei nagy mértékben függnek attól, hogy milyen önálló kommunikációhoz szükséges erőforrás áll a magánhálózat rendelkezésére, illetve milyen mértékben szükséges egy mobilhálózat-üzemeltető szolgáltatásaira támaszkodniuk a kommunikáció megvalósításában a magánhálózat igénylőinek. Ez a fejezet rádióspektrumhasználati szempontból jellemző magánhálózati megvalósítási eseteket, példákat mutat be.

Az 5G technológia egyik új megoldása a hálózati erőforrások adott célra való garantált biztosítására a „network slicing” alkalmazása, azaz a hálózatszeletelés. A magánhálózatok megvalósításának eseteit a „network slicing technika” segítségével a 4. fejezetben szemléltetjük.

3.1 Magánhálózat saját hálózattal és rádióspektrummal

A magánhálózat juthat rádióspektrumhasználati joghoz (eredeti jogosultként vagy másodlagos kereskedelem útján) és lehet saját kiépített[7] rendszere, azonban még így is lehetnek más szereplők is a magánhálózat életében. Legfontosabb ilyen lehetőség, ha a magánhálózat igénylők a rádióspektrumhoz másodlagos kereskedelmi megállapodás útján férnek hozzá, de ezen kívül más piaci szereplők, akár MNO-k is részt vehetnek a magánhálózat kiépítésében, de a rádiórendszer üzemeltetése jogilag a magánhálózat érdekkörébe tartozik. Fontos kapcsolódási pont lehet még egyéb szereplők felé, hogy esetleg aktív és passzív infrastruktúra megosztási módszerek is alkalmazhatóak.

[7] Nem a tulajdonjog a meghatározó, ez lehet bérlemény is.



3. Ábra - önálló magánhálózat

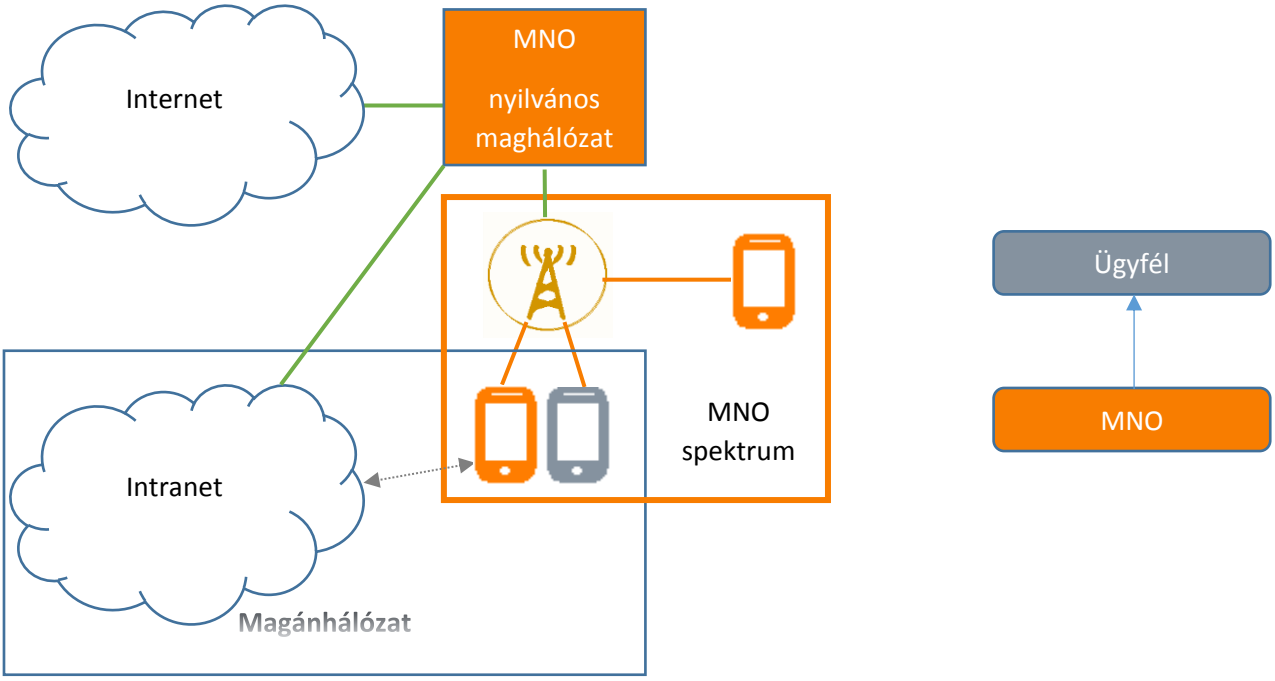
Megosztott erőforrás:	Egyes esetekben – másodlagos kereskedelem esetén (legfeljebb kiépítési szolgáltatás, de a használati jog a magánhálózat használóját illeti, ő az, aki rádióengedéllyel rendelkezik) előfordulhat. Ilyen modell alapján megvalósuló hálózatoknál MOCN + „spectrum pooling” is szóba jöhet szolgáltatókkal.
Eszközbérlet:	Elképzelhető, hogy bizonyos infrastrukturális elemek bérleményként biztosítottak a magánhálózat számára.
Rádióspektrum hozzáférés:	Saját rádióspektrumhasználati jogosultság
Hatósági jóváhagyás szükséges:	Ha a rádióspektrumot másodlagos kereskedelem útján szerezte, akkor igen
Egyszerűsített jóváhagyás lehetősége:	Lehetséges, attól függ, hogy az erre vonatkozó feltételek teljesülnek-e
Lehetséges példák, valós megvalósítási esetek	pl. nemzetközi hátterű autógyárak esetén egységes modell alapján működő gyártás kiépítéséhez

3. Táblázat - önálló magánhálózat paraméterei

A 4. fejezet 4. 2 pontjában bemutatott első példa (önálló, fizikailag elkülönített 5G magánhálózat saját vagy haszonbérbe vett rádióspektrummal) egyébként felépítését tekintve meg is egyezik az ebben a pontban látható esettel.

3.2 Szolgáltatás modell – MNO mobil szolgáltatást nyújt

A magánhálózat az MNO hálózatához hozzáférést kap, és ezt használva valósul meg kommunikáció a rádiós eszközei és a saját belső hálózata közt.



4. Ábra - Magánhálózat szolgáltatáson keresztül

Ez jelenthet teljesen nyilvános rádióspektrumhasználatot (mint az MNO bármelyik másik átlagos végfelhasználója, azaz előfizetője) vagy a magánhálózat számára a szolgáltatást garantáló, megfelelő műszaki megoldással elkülönített rádióspektrum használatát. Ebben az esetben a magánhálózat gyakorlatilag egy szolgáltatást vesz igénybe.

Amíg nincsenek a terminálokon kívül más kiépített magánhálózati elemek, addig nem lehet egyértelműen magánhálózati felhasználásról beszélni.

Megosztott erőforrás:	Szolgáltatás (hálózat és rádióspektrum)
Eszközbérlet:	Nem (hírközlési szolgáltatás igénybevétele), végfelhasználói berendezések használata elképzelhető szolgáltatási konstrukcióban is.
Rádióspektrum hozzáférés:	Nem
Hatósági jóváhagyás szükséges:	Nem
Egyszerűsített jóváhagyás lehetősége:	-
Lehetséges példák, valós megvalósítási esetek	Gyártósoron a robotkarok standard SIM foglalatába MNO SIM kártya kerül és a nyilvános MNO hálózaton keresztül történik a kommunikáció.

4. Táblázat - Magánhálózat szolgáltatásként - paraméterek

3.3 MNO lokális maghálózati funkciókat és elkülönített rádióspektrumot biztosít

Eszközbérlet, illetve maghálózati funkciók és rádióspektrum szolgáltatása esetén is elképzelhető rádióspektrum elkülönítése a magánhálózat részére, hogyha autonóm maghálózati funkciókat ellátó hálózati elemeket biztosít a magánhálózatoknak eszközbérlet keretében az MNO (5. Ábra).

A szolgáltatási modelltől függően a magánhálózat számára a rádióspektrum elkülönítetten is biztosítható, úgy, hogy a hálózat rádióspektrum menedzsmentje továbbra is az MNO kezében marad. A különbség az adott területen használható frekvenciák mennyiségében lesz,

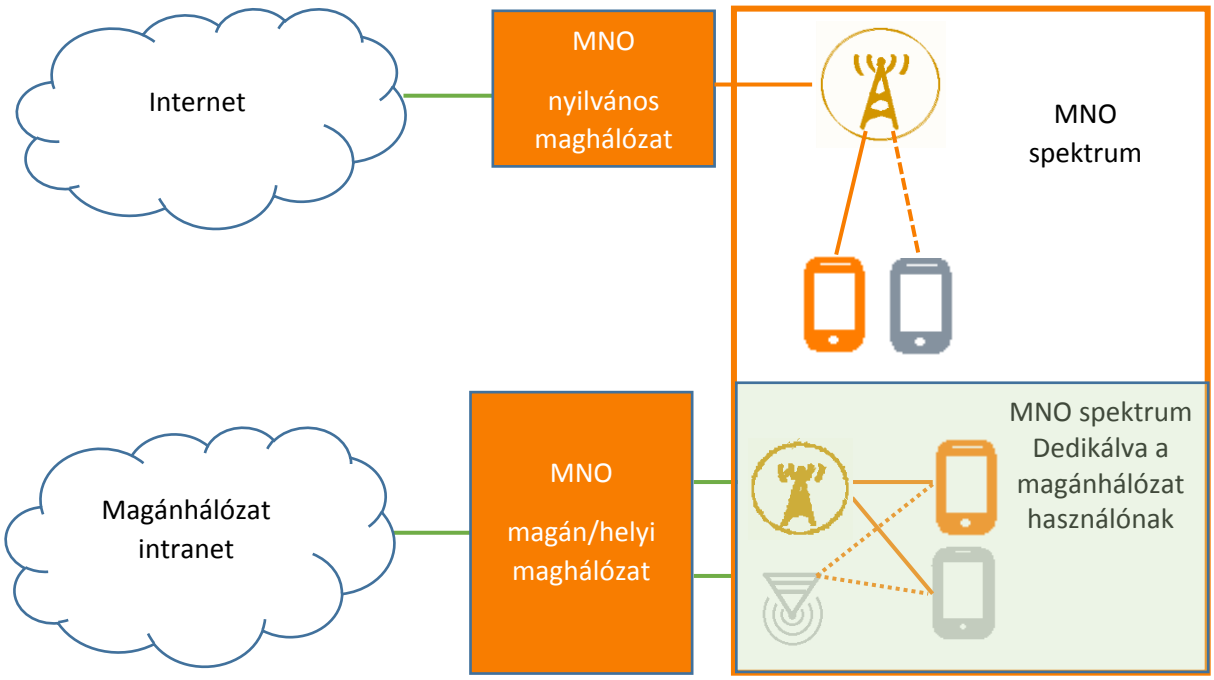
ugyanis az elkülönített rádióspektrum a magánhálózat üzemi területén csak a magánhálózat számára lesz elérhető.

Ebben az esetben a magánhálózati célra maghálózati funkciókat megvalósító eszközöket is biztosít a szolgáltató. Ezen kívül a rádiós hozzáférési hálózat és annak a vezérlése az MNO hatásköre. Az alábbi ábrán a magánhálózat (elkülönített) rádióspektrumának menedzselése független az MNO nyilvános hálózatától.

Ezzel az esettel kapcsolatban fontos kiemelni a rádióspektrum szolgáltatásként való elérhetővé tételének egyik határesetét. Amikor adott egy kiépített magánhálózat, de a használható rádióspektrum nem áll rendelkezésre, az MNO-tól szolgáltatásként is hozzáférhetővé válhat rádióspektrum, aminek segítségével működhet magánhálózat.

Ahhoz, hogy ez szolgáltatásként legyen kezelhető, a rádiós erőforrás menedzsment feladatokat (MHz, W értelemben) továbbra is az NMO-nak kell megvalósítania úgy, hogy közben a magánhálózat üzemeltetője végzi a rendszer erőforrásainak magasabb szintű kezelését (Mbit/s, prioritások, esetleg QoS értelemben, stb.).

Ez vélhetően maga után vonja infrastruktúra elemek (rádiós erőforrás vezérlés, vezérlési sík, maghálózati funkciók) telepítésének szükségességét is az amúgy kiépített magánhálózatban. Az viszont nem egyértelmű, hogy mely elemek telepítése, illetve integrálása szükséges a magánhálózatba ennek a feladatnak a megvalósításához (mi a határvonal az MNO és a magánhálózati hatáskör között).



5. Ábra – Magánhálózat haszonbérlet és szolgáltatás/eszközbérlet keretében

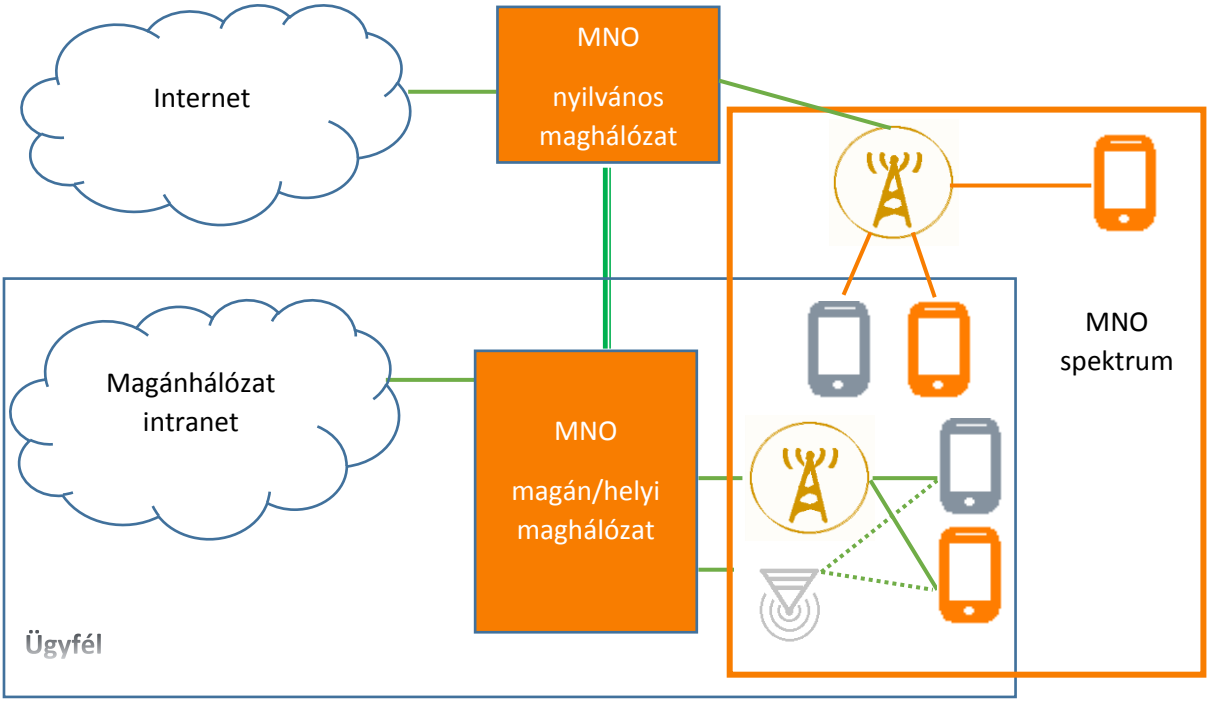
Itt az a kérdés is felmerül, hogy valós eset-e, hogy a bérelt maghálózati funkciók mellett a magánhálózatban saját és MNO rádiós hozzáférési hálózati elemek egyszerre legyenek jelen, illetve, hogy magánhálózati terminálok az MNO nyilvános hálózatához is csatlakozhatnak-e (vélhetően az egy teljesen elkülönülő hálózat, ezért nem egyértelmű). Amennyiben ez valós eset, érdemes tovább vizsgálni a szabályozási keretek adta mozgásteret, hisz ez az eset a rádióspektrumgazdálkodásra vonatkozó szabályokon kívül, általános elektronikus hírközlési szabályok alapján is további kérdéseket vet fel, mint pl. lehetséges-e elkülönített rádióspektrumhoz hozzáférés biztosítása szolgáltatási modell keretében. Ezzel a kérdéssel azonban csak akkor érdemes tovább foglalkozni, ha az első kérdésre „igen” a válasz.

Megosztott erőforrás:	Eszközbérlet + szolgáltatás (a szolgáltatás magában foglalja a hálózati eszköz bérletét és a rádióspektrumhasználatot)
Eszközbérlet:	Részben (a maghálózati elemek, és esetleg a végfelhasználói készülékek, lokális bázisállomások)
Rádióspektrum hozzáférés:	Nem
Hatósági jóváhagyás szükséges:	Nem
Egyszerűsített jóváhagyás lehetősége:	-
Lehetséges példák, valós megvalósítási esetek	Egy teljes telephelyi magánhálózat kommunikációjának megvalósítása a nyilvános mobil hálózatoktól teljesen függetlenül a dedikált rádióspektrum előnyeivel és hátrányaival (fix mennyiségű rádióspektrum).

5. Táblázat - Magánhálózat haszonbérlet és szolgáltatás/eszközbérlet keretében - paraméterek

3.4 MNO lokális maghálózati funkciókat és (nem elkülönített) rádióspektrum-hozzáférést biztosít

Az előző esettel ellentétben, ha nincs elkülönített rádióspektrum, akkor a rádióspektrum menedzsment feladatokat a helyben elérhető nyilvános MNO mobilhálózattal összehangoltan kell végezni (mivel nincs fix és éles elhatárolódás a magán célra elkülönített és nyilvánosan elérhető rádióspektrum közt). Ez azt is jelenti, hogy a magánhálózat szempontjából autonómiáról nem lehet szó. Ha nem teljesen autonóm a rendszer, akkor elképzelhető a maghálózatok összekapcsolása hang/adattovábbításra is. Az ábrán a vastag zöld összeköttetés jelzi a különbséget az előző esethez képest.



6. Táblázat - Magánhálózat haszonbérlet és szolgáltatás/eszközbérlet keretében

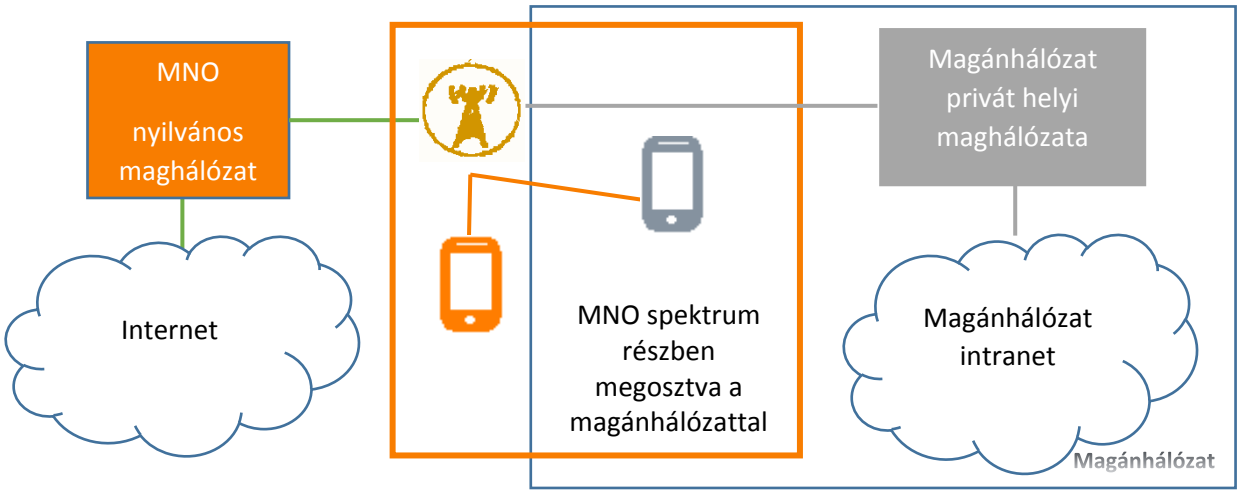
Megosztott erőforrás:	Eszközbérlet + szolgáltatás (a szolgáltatás magában foglalja a hálózati eszköz bérletét és a rádióspektrum hozzáférést)
Eszközbérlet:	Részben (a maghálózati elemek, és esetleg a végfelhasználói készülékek, helyi bázisállomások)
Rádióspektrum hozzáférés:	Nem
Hatósági jóváhagyás szükséges:	Nem
Egyszerűsített jóváhagyás lehetősége:	-
Lehetséges példák, valós megvalósítási esetek	Egy teljes telephelyi magánhálózat kommunikációjának megvalósítása A nyilvános mobil hálózatok rádióspektrumhasználatára tekintettel változhat az adott pillanatban elérhető rádióspektrum mennyisége (+/- irányba is) A nyilvános hálózattal való összeköttetés szorosságának függvényében akár kis késleltetésű adatkapcsolat is elérhető a magánhálózat más telephelyeihez, ami pl. egy távműtét esetén is hasznos.

7. Táblázat - Magánhálózat haszonbérlet és szolgáltatás/eszközbérlet keretében – paraméterek

3.5 Aktív infrastruktúra megosztás – (pl. MOCN „spectrum pooling” nélkül)

Amikor egy magánhálózat számára rendelkezésre állnak a maghálózati funkciókat megvalósító eszközök, de rádióspektrum nem (és akár RAN sem), igénybe veheti az MNO rádiós hozzáférési hálózatát és ezek segítségével a vele megosztott rádióspektrumot.

Ez nem a magánhálózat számára elkülönített, MNO által kezelt rádióspektrum, hanem a magánhálózat számára rendelkezésre bocsátott, vele megosztott rádióspektrum, amit a magánhálózat használója saját hatáskörben kezel.



6. Ábra - Magánhálózat aktív infrastruktúra megosztással

Megosztott erőforrás:	Hálózat + rádióspektrum
Eszközbérlet:	A teljes RAN szóba jöhet
Rádióspektrum hozzáférés:	Haszonbérbe adás MNO rádióspektrumát használja a magánhálózat
Hatósági jóváhagyás szükséges:	Igen
Egyszerűsített jóváhagyás lehetősége:	Amennyiben a feltételek teljesülnek
Lehetséges példák, valós megvalósítási esetek	-

9. Táblázat - Magánhálózat aktív infrastruktúra megosztással – paraméterek

4 Technikai megoldások az 5G kiteljesedése után

4.1 5G magánhálózatok hálózatszeleteléssel

Jelenleg az 5G képességekkel rendelkező hálózatok még az ún. 5G non standalone konfigurációval működnek, ami azt jelenti, hogy az LTE hálózatokat egészítik ki a már 5G NR (New Radio) rendszerekkel, így gyorsítva fel az 5G szolgáltatások elterjedését. Az 5G képességek teljes köre az 5G standalone rendszerek megjelenésével lesz igazán teljes, néhány hálózat már átállt erre az üzemmódra, s ekkor a magánhálózatok kiépítése számára is megnyílik egy újabb lehetőség a hálózatszeletelés (network slicing) elvének a felhasználásával.

A hálózatszeletelés szabványosítása még nem fejeződött be, ez várhatóan a Release 17 véglegesítésével lesz teljes mértékben alkalmazható, de már a Release 16 is tartalmazza ennek a hatékony erőforrás-kezelési elvnek a szabványos alapjait. Könnyen lehet tehát, hogy a jövőben a magánhálózatok kialakításának ez lehet az egyik módja, különösen azokban az országokban, ahol mindenképpen a szolgáltató valamilyen szintű részvétele szükséges a magánhálózatok létrehozásában.

Mint korábban említettük, a magánhálózatoknak három jellemző típusa van: az önálló magánhálózat, a hibrid magánhálózat és a virtuális magánhálózat. Ezek közül a hibrid megoldások is, a virtuális megoldás pedig kizárólagosan a hálózatszeletelés (network slicing) technikájának a felhasználásával jön létre, ez a megoldás teszi lehetővé az erőforrások optimális allokálását és a szükséges minőségi feltételek biztosítását. Célszerű tehát végiggondolni, hogyan is lehet ezzel a technikával a nyilvános szolgáltatónak magánhálózati megoldásokat kínálnia. Ahhoz, hogy megértsük, hogyan is jöhet létre 5G magánhálózat a hálózatszeletelés segítségével, meg kell ismerkednünk az 5G hálózaton belüli rendszerelemekkel és a köztük fennálló szabványos interfészekkel. Ezek ugyanis alapvető szerepet játszanak a rendszer különböző szintű kiépítésében.

A hálózatszeleteléssel kapcsolatban használt megnevezések és jelöléseket következő pontok tartalmazzák. Az itt bemutatott ábrák mintegy referenciaként szolgálnak a hálózatszeletelés bemutatásához, de a teljesség kedvéért az önálló magánhálózatokat is bemutatja az egységes jelölésrendszer segítségével, ahol a nyilvános hálózattól teljesen szeparált 5G magánhálózat az eredeti jogosultként, illetve haszonbér/átruházás útján szerzett rádióspektrum használata mellett látható.

4.1.1 A használt jelölések és fogalmak

Az ábrák bal oldalán a magánhálózatot láthatjuk, melyet vagy a vállalkozás maga vagy a szolgáltató vagy egy megbízott fővállalkozó épített ki. Ez a rendszertechnika szempontjából most lényegtelen.

Az ábrán látható rövidítések a következőket takarják:

5GC-CP	5G Core - Control plane, azaz az 5G maghálózat vezérlési síkja. Ez az elem mind a nyilvános, mind a magánhálózatban megtalálható, hiszen ez az 5G hálózat alapeleme.
UPF	User plane function, azaz az 5G hálózat adatsík funkciója. Ez az elem is mind a nyilvános, mind a magánhálózatban megtalálható és a nyilvános hálózatban a központi részben és a peremhálózati felhőben is jelen kell lennie.
UDM	Unified Data Management, azaz az 5G hálózat előfizetői adatbázisa a nyilvános hálózatban és a felhasználói adatbázisa a magánhálózatban.
MEC	Multi-Access Edge Computing, korábban Mobile Edge Computing, azaz az 5G hálózat peremén működő intelligens rendszer, melynek a funkciója a gyors, az 5G hálózat központi rendszere nélkül megoldható intelligens funkciók közelebb helyezése a végberendezésekhez a gyorsabb válaszidő megvalósításához.
gNB/5G-gNB	Next Generation Node B, röviden gNB, az 5G hálózatok bázisállomásának a megnevezése, néha elé írják az „5G”-t, de legtöbbször nem, mert a 4G hálózatok bázisállomását eNB-vel, a 3G hálózatokét NodeB-vel, míg a 2G hálózatokét BTS-sel rövidítik, jelölik.

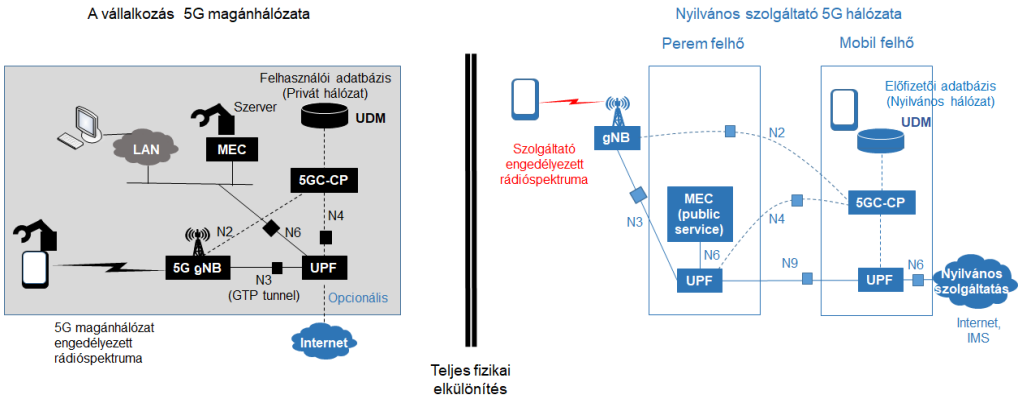
Az egyes elemek között definiált referenciapontokat az 5G szabványoknak megfelelően jelöljük az ábrákon, ahol a szaggatott vonal a vezérlést, a folyamatos vonal pedig az adatáramlást jelzi.

N2	Az 5GC-CP vezérlőjeleinek a referenciapontja a gNB-k felé.
N3	Az UPF és a gNB közötti adatforgalom referenciapontja
N4	Az 5GC-CP és az UPF közötti vezérlőjelek referenciapontja
N6	Az UPF és az adathálózatok közötti referenciapont
N9	Az UPF-ek közötti referenciapont

4.2 Önálló, fizikailag elkülönített 5G magánhálózat

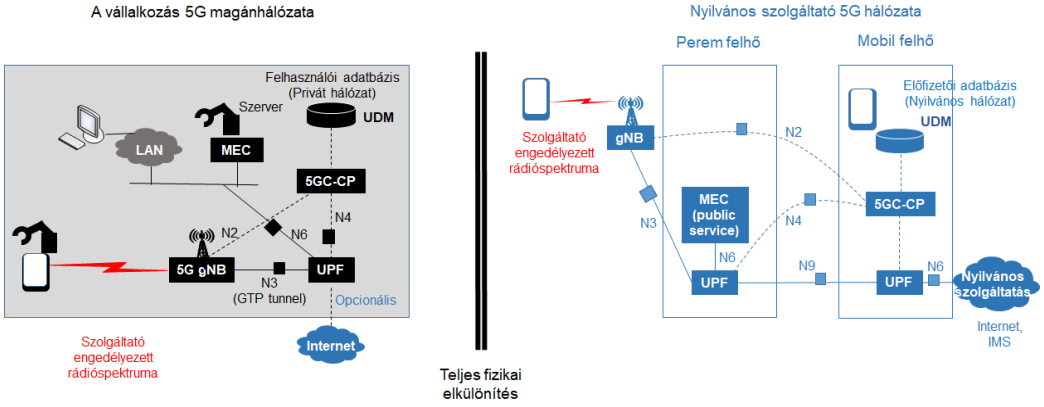
Ezekben az esetekben adott a magánhálózati infrastruktúra. Az ábrák bal oldalán a magánhálózatot láthatjuk, melyet vagy a vállalkozás maga vagy a szolgáltató vagy egy megbízott fővállalkozó épített ki. Ez a rendszertechnika szempontjából lényegtelen.

a) Saját rádióspektrummal



Fizikailag elkülönített 5G magánhálózat a vállalkozás saját rádióspektrumával

b) Egy szolgáltatótól szerzett rádióspektrummal



Fizikailag elkülönített 5G magánhálózat a szolgáltató számára engedélyezett rádióspektrumával

Ez a két eset csak abban különbözik, hogy ez utóbbinál nem a vállalkozás által szerzett rádióspektrumon, hanem a szolgáltató számára engedélyezett rádióspektrumon történik a végberendezések ellátása a vállalkozás telephelyén, üzemépületén belül.

Mindkét esetben megvalósul a teljes fizikai elkülönülés a nyilvános 5G hálózat és az 5G magánhálózat között, tehát mindazok a szempontok, amik a teljesen független hálózat kiépítését a vállalkozás számára indokolták, teljesülnek. Az elkülönített UDM nem teszi lehetővé a szolgáltató számára, hogy hozzáférjen a vállalkozás belső információihoz (pl. felcsatlakozó berendezések, robotok, táblagépek stb. száma, beállítása), a teljesen szeparált adatsík (UPF) elkülöníti a vállalkozás adatforgalmát a nyilvános 5G hálózat adatforgalmától, így az érzékeny adatok teljes egészében a vállalkozás zárt rendszerén belül maradnak. Az egyetlen olyan pont, ahol a teljes szeparáció mellett is kellenek bizonyos biztonsági intézkedések, az a rendszer üzemeltetése. Ha ezt a vállalkozás maga végzi (ami azért elég ritka), akkor ez a probléma sem merül fel.

A vállalkozás speciális igényeit – ha vannak ilyenek – akkor az 5G magánhálózat tervezésekor, majd a telepítés során lehet figyelembe venni. Egy gyártósor mellett vagy egy komplex, automatizált összeszerelő üzemben kiemelten fontos lehet a rendkívül kis késleltetésű, nagy megbízhatóságú (URLLC) működésmód. Erre ad lehetőséget a magánhálózat megfelelő pontjain kialakított MEC rendszer, mely a speciális feladatok elvégzését ki tudja szolgálni anélül, hogy azokhoz az 5GC-CP központi rendszerig fel kellene küldeni az információkat döntés, beavatkozás céljából. Ezzel a rendkívül gyors beavatkozásokat is ki lehet szolgálni a kiépített magánhálózaton belül. Sok esetben a MEC

szervere a leginkább védendő egysége a vállalkozásnak, mert abban van a legtöbb felhalmozott tudás (és legújabban a c a mesterséges intelligencia) beleépítve, ami versenyelőnyt hozhat a cég számára a versenytársakkal szemben.

Az 5G magánhálózat kiépítése esetén tehát előnyként jelentkezik az adatbiztonság (data security) és a hálózati biztonság (network security) teljesen megnyugtató megoldása, az URLLC lehető leghatékonyabb megoldása és természetesen jelentkezik annak az előnye, hogy pl. a gyártósorokat, kiszolgáló robotokat nem kell egy statikus optikai hálózattal ellátni, a gyártás ennek következtében rugalmas marad, rövid idő alatt átkonfigurálható. Ugyancsak előnyként jelentkezik, hogy a hálózat megbízhatóan működik akkor is, ha a nyilvános 5G hálózatban bármilyen hiba keletkezik.

Komoly hátrány persze a magas telepítési költség, amit tovább növelnek a kiválasztással és felkészüléssel járó további költségek is. Ugyancsak hátrányt jelent az üzemeltetés megoldásának a szükségessége, mert vagy külső céget kell megbízni vele, ami komoly költséget jelenthet vagy pedig saját személyzetet igényel, aminek szintén átlagon felüli bérköltség kihatása van.

Ezekben az esetekben a vállalkozás telephelyén vagy épületén belül a teljes 5G magánhálózat kiépül az összes elemével együtt. Ezt akár a vállalkozás maga, a szolgáltató vagy harmadik fél is menedzselheti.

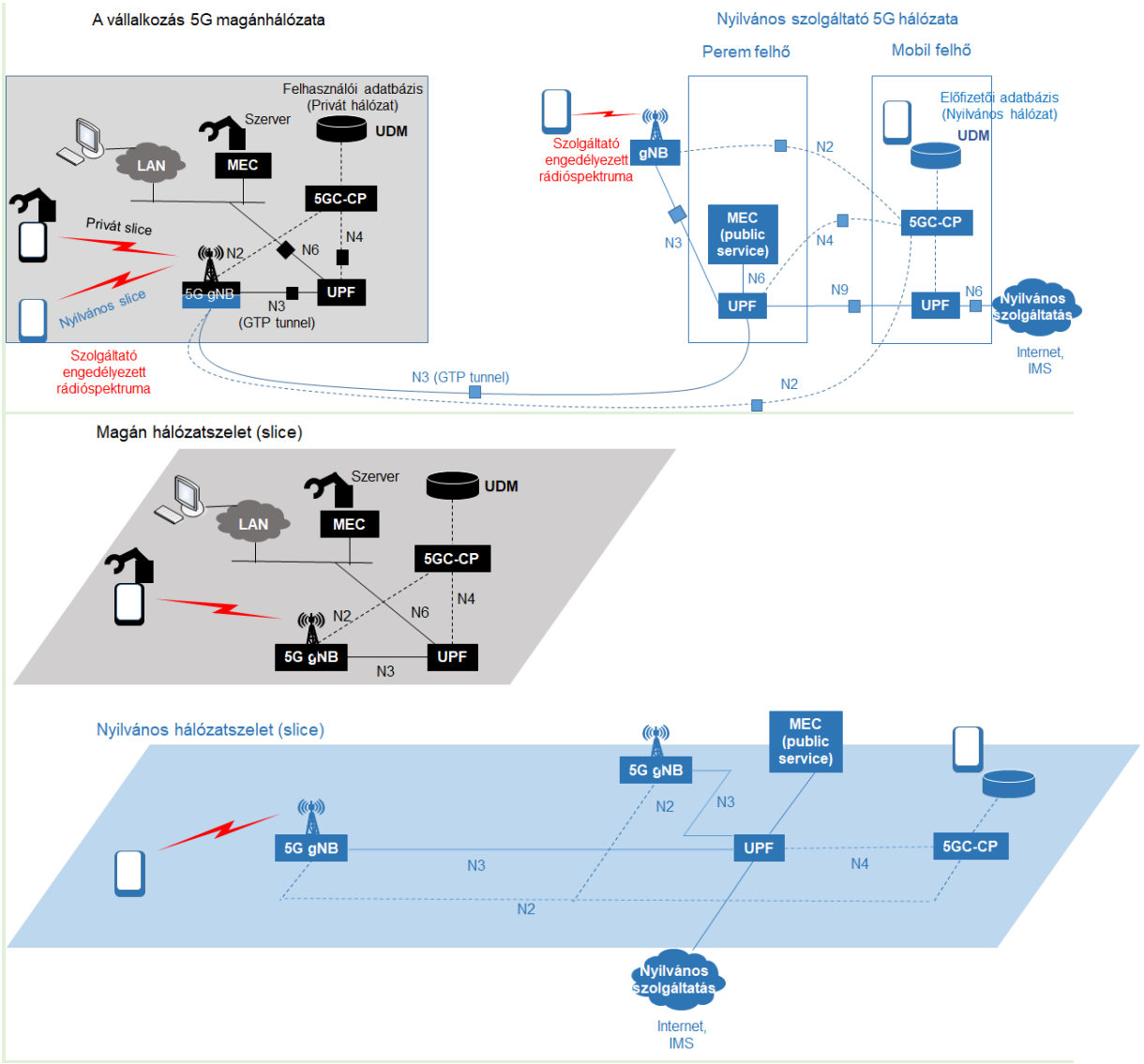
4.3 Hibrid magánhálózatok hálózatszeleteléssel

4.3.1 A RAN hálózat megosztása a magánhálózat és a nyilvános hálózat között

Ebben a megoldásban továbbra is fizikailag elkülönülthálózat épül a vállalkozás számára, azonban a telepítés területén mind 5G magánhálózati szolgáltatás, mind nyilvános szolgáltatás üzemel. Ennek a megoldására a magánhálózat RAN hálózata lesz megosztva a magánhálózat és a nyilvános hálózat között. Az ábrán a megosztott gNB bázisállomás(oka)t a vegyes fekete (magán) és kék (nyilvános) színezés jelzi. Ebben az esetben a szolgáltató engedélyezett rádióspektruma szolgálja ki mind a két alkalmazást, de az 5G magánhálózati szolgáltatás a magánhálózat felől, míg a nyilvános 5G szolgáltatás a nyilvános hálózat felől van ellátva. Erre egy külön hálózatszeletet hoz létre a nyilvános szolgáltató és a gNB-t a nyilvános hálózat vezérlési síkja felől az N2 referenciaponton keresztül vezérli. A nyilvános hálózati adatforgalom a nyilvános hálózat adatsíkja és a bázisállomás között az N3 referenciapont szerinti összeköttetést jelent, de itt célszerű egy GTP tunnel (GPRS Tunneling Protocol) beiktatása a kapcsolatba. A GTP-t ugyan eredetileg még a GSM rendszert csomagkapcsolással kiegészítő GPRS-hez találták ki, de ez a protokoll aztán helyet kapott a 3G és 4G rendszerekben is, legújabban pedig az 5G hálózatokban is alkalmazzák az N4 és N9 referenciaponton átmenő egyes forgalmak mellett a gNB és az UPF között az N3 referenciaponton átmenő forgalomra.

A RAN hálózat megosztása esetén a nyilvános hálózat egy hálózatszeletet biztosít az osztott RAN kiszolgálására, a magánhálózat pedig szintén egy hálózatszeletben (legtöbbször ez a teljes 5G magánhálózati rendszerrel azonos) szolgálja ki a teljes vállalkozást és az osztott RAN hálózatot.

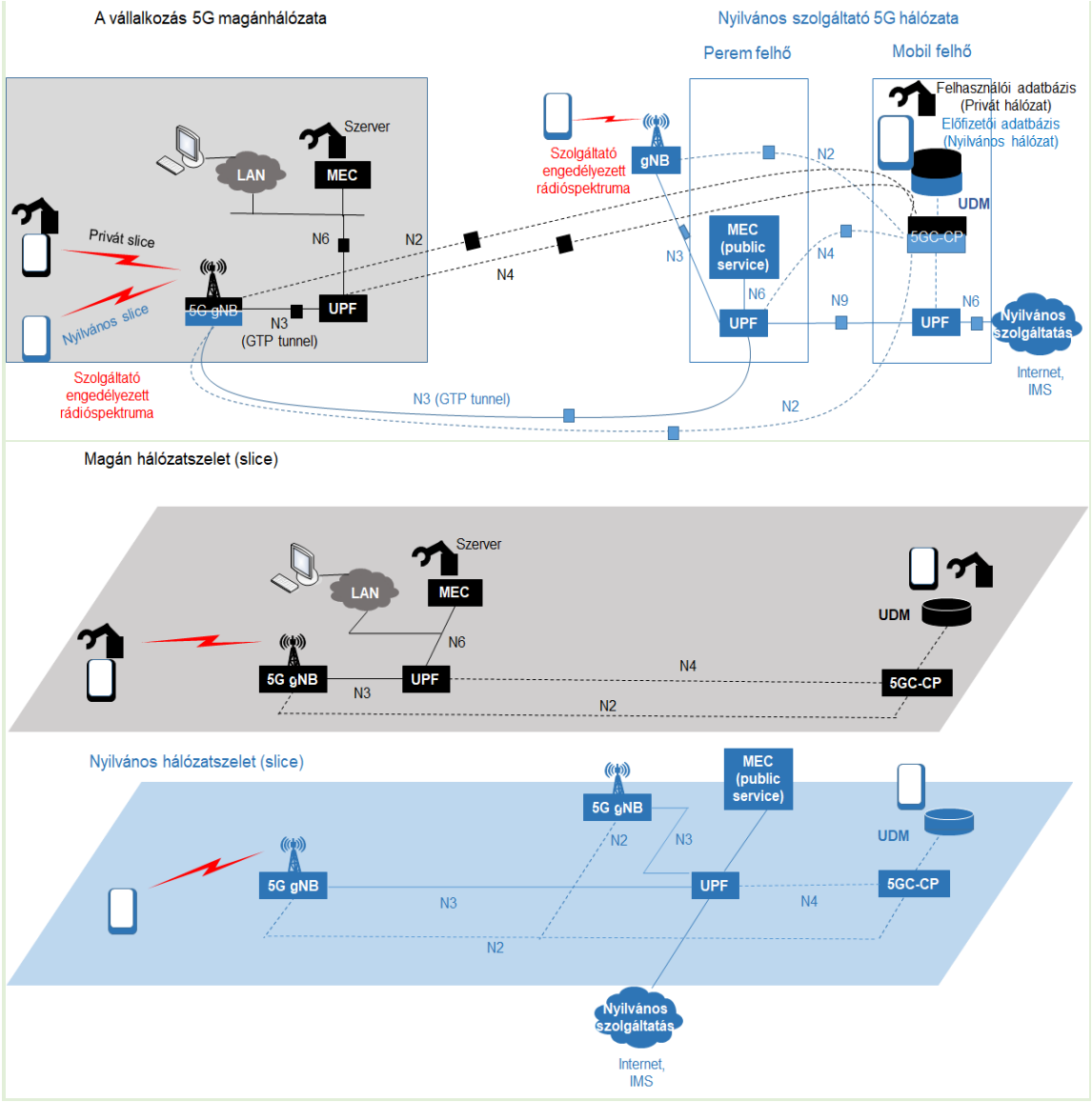
A megoldás és a hozzátartozó egy-egy hálózatszelet az alábbi ábrákon látható.



A RAN hálózat megosztása a magánhálózaton belül

A megoldás annyiban különbözik a fizikailag teljesen elkülönített megoldásoktól, hogy itt a vállalkozás magánhálózatának az 5G ellátása mind a zárt alkalmazásokat, mind pedig a nyilvános kapcsolatokat ugyanazon a RAN hálózaton kezeli. A nyilvános hálózattal így már van tényleges kapcsolat, de mivel a magánhálózati és a nyilvános hálózati forgalom továbbra is teljesen elkülönül a RAN hálózaton kívül, így nincs igazi veszélye annak, hogy a vállalkozás bármiféle információja idegen kézbe jusson.

4.3.2 A RAN hálózat és a vezérlési sík megosztása a magánhálózat és nyilvános hálózat között



5G magánhálózat megosztott RAN és vezérlősík alkalmazásával

A következő megosztási szint az, amikor a magánhálózatban már csak az adatsík és a peremintelligencia illetve a RAN épül ki, de a teljes vezérlés a nyilvános hálózatból, annak egy hálózatszeleteként működteti az 5G magánhálózatot. Ekkor a RAN hálózat továbbra is lehet osztott a magánhálózati zárt és a nyilvános hálózati használat érdekében, amennyiben ezt a vállalkozás igényli. Ekkor viszont lényeges változás, hogy a teljes adatbázis, az UDM is meg van osztva magán és nyilvános adatbázis elemekre annak megfelelően, hogy a vezérlési sík is megosztott. A vállalkozás RAN hálózatában a gNB, a nyilvános hálózatban pedig az 5GC-CP és az UDM van tehát logikailag szeparálva a két rendszer működtetése szempontjából. A magánhálózatban az adatsík (UPF) és a vállalkozás specialitásait hordozó peremintelligencia (MEC) továbbra is fizikailag elkülönített egységként jelenik meg. Ugyanakkor a teljes rendszert a nyilvános hálózatban kialakított hálózatszeletek működtetik, ahogy ez a 4. ábrán látható.

Az 5G magánhálózathoz tartozó hálózatszelet adatforgalma továbbra is a vállalkozás területén kiépített adatsíkon (UPF) keresztül van kiszolgálva, ugyanakkor a vállalkozás nyilvános adatforgalma a nyilvános hálózat peremintelligenciája segítségével jut el a nyilvános hálózat központi részéig. Célszerű itt is a GTP tunneling használata a nyilvános adatforgalomra vonatkozóan. Mivel ebben a rendszertechnikai konstrukcióban a

magánhálózat adatsíkja és a RAN hálózat közötti adatforgalmat is a nyilvános 5G hálózat egy hálózatszelete működteti, így a magánhálózat N3 referenciapontján átáramló adatforgalmat is célszerű GTP tunneling alkalmazásával biztonságossá tenni.

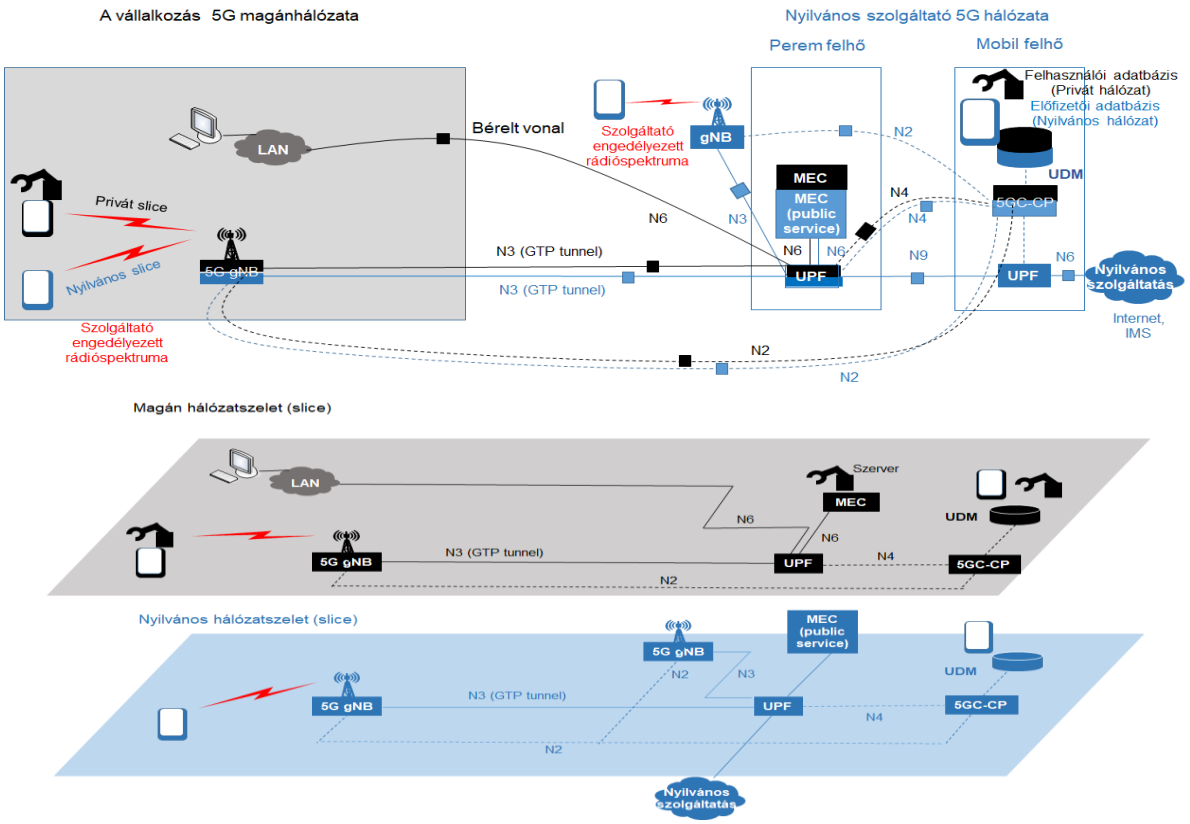
Ezzel a megoldással az 5G magánhálózat elkülönített részének a beruházási költségei viszonylag alacsony szinten tarthatóak, miközben a vállalkozás számára szükséges URLLC szolgáltatások a helyben telepített UPF és MEC következtében jó minőségben rendelkezésre állnak és az adatok védelmének a kritikus kérdéseit is kezeli ez a konstelláció.

4.4 Virtuális magánhálózat hálózatszeleteléssel: A RAN hálózat és a maghálózat megosztása a magánhálózat és nyilvános hálózat között (végtől-végig vezérlés)

Beruházási oldalon a legkevesebb invesztíciót jelentő megoldást az jelenti, amikor csak a RAN hálózat kiépítése történik meg a vállalkozás telephelyén és a RAN hálózat is, a teljes maghálózat is a nyilvános hálózat hálózatszeletének az irányítása alatt áll, a vállalkozás adatsíkja és a peremintelligenciája is a nyilvános hálózat részeként – célszerűen a nyilvános hálózat peremintelligenciájából vezérelve – működik.

A megoldás egyik sajátossága, hogy – mivel csak a gNB elemek vannak a vállalkozás telephelyén telepítve – így nincs telephelyen belüli kommunikáció az 5G magáneszközök és a telephely LAN hálózata között, szemben az előző megoldásokkal. Ez azt jelenti, hogy az információknak el kell jutniuk a nyilvános hálózat peremintelligenciájáig, majd onnan kell visszajutniuk a LAN hálózatba és fordítva. Erre szolgál a nyilvános peremfelhő megosztott adatsíkját (UPF) és a vállalkozás LAN hálózatát az N6-os referenciaponton keresztül összekapcsoló bérelt vonali összeköttetés.

Mindebből az is következik, hogy a vállalkozás 5G alkalmazásait kiszolgáló 5G eszközök vezérlése a távolabb elhelyezkedő nyilvános peremintelligenciából történik, ami késleltetési problémákat okozhat, ha a nyilvános hálózat peremintelligenciája nincs elég közel a telephelyhez. A megoldás rendszertechnikai ábrája és a magán-, illetve nyilvános hálózatszelet az alábbi ábrán látható.



Természetesen leginkább ennél a megoldásnál merül fel az adatok biztonságának a kérdése, hiszen a teljes adatforgalom kikerül a vállalkozás telephelyéről. Míg az előző megoldásnál a MEC és az UPF még a magánhálózaton belül valósult meg, addig itt már minden mobil forgalom a nyilvános hálózaton keresztül bonyolódik, a biztonsági védelmet itt is a GTP tunneling segítheti, ami telephelyen kialakított RAN hálózat magánhálózati illetve nyilvános adatforgalmát egyaránt ezzel a technikával továbbítja az N3 referenciaponton keresztül.

Ami a beruházási költségeket illeti, messze ez a legolcsóbb megoldás a vállalkozás részére, hiszen itt csak a RAN hálózat kiépítése jelent beruházási feladatot illetve a LAN hálózathoz kiépített bérelt vonal költsége jelentkezhet mellette. Ugyanakkor viszont a hálózati késleltetések kézben tartása is nehézségekbe ütközhet, az adatbiztonsági kérdések is csak bizalmi alapon tudnak rendeződni és mindemellett a vállalkozás teljes egészében ki van szolgáltatva a nyilvános szolgáltató rendelkezésre állási paramétereinek.

1. függelék
Rövidítések

MNO	Mobilhálózat-üzemeltető (Mobile Network Operator)
RAN	Rádiós hozzáférési hálózat (Radio Access Network)
MORAN	Multi Operator RAN
MOCN	Multi Operator Core Network
MCC	Mobile Country Code
MNC	Mobile Network Code
5GC-CP	5G Core - Control plane
UPF	User plane function
UDM	Unified Data Management
MEC	Multi-Access Edge Computing
gNB / 5G-gNB	Next Generation Node B

2. Függelék
Fogalomgyűjtemény

Magánhálózat	A magánhálózat, az esetlegesen 5G képességeket is elérhetővé tevő szélessávú hálózatot valamilyen speciális (ipari, mezőgazdasági, tudományos, logisztikai, egészségügyi, közlekedési stb.) célból vezetéknélküli kommunikációra használó konkrét, a nyilvános hálózatoktól (részben, egészében vagy csak virtuálisan) elkülönült hálózat.
Vertikum	Általános jelentése „egymással vertikális kapcsolatban álló gazdasági egységek összessége”, az 5G szempontjából egy ágazaton belül hasonló tevékenységi kört folytató entitások, (angolul „vertical”, vertical industry”). Ebben az anyagban elsősorban a meghatározott használói kör kiszolgálására, illetve speciális, nem kimondottan rádiótávközlési cél megvalósítására fókuszáló szereplők összességét jelenti, akiknek azonban a belső kommunikációs igényeik kielégítéséhez elektronikus hírközlő hálózatra van szükségük. Vertikum lehet például az egészségügy, energetika, közlekedés, ipar, oktatás, logisztika, közbiztonság, stb.
Mobilhálózat üzemeltető (MNO)	Ebben az anyagban a rádióspektrumhasználati joggal és jogosultsággal rendelkező mobil rádiótelefon-hálózatot üzemeltető elektronikus hírközlési szolgáltató.
5G Core - Control plane	Az 5G maghálózat vezérlési síkja. Ez az elem mind a nyilvános, mind a magánhálózatban megtalálható, hiszen ez az 5G hálózat alapeleme
User plane function	Az 5G hálózat adatsík funkciója. Ez az elem is mind a nyilvános, mind a magánhálózatban megtalálható és a nyilvános hálózatban a központi részben és a peremhálózati felhőben is jelen kell lennie
Unified Data Management	Az 5G hálózat előfizetői adatbázisa a nyilvános hálózatban és a felhasználói adatbázisa a magánhálózatban.
Multi-Access Edge Computing, korábban Mobile Edge Computing	Az 5G hálózat peremén működő intelligens rendszer, melynek a funkciója a gyors, az 5G hálózat központi rendszere nélkül megoldható intelligens funkciók közelebb helyezése a végberendezésekhez a gyorsabb válaszidő megvalósításához.

Next Generation Node B	Röviden gNB, az 5G hálózatok bázisállomásának a megnevezése, néha elé írják az „5G”-t, de legtöbbször nem, mert a 4G hálózatok bázisállomását eNB-vel, a 3G hálózatokét NodeB-vel, míg a 2G hálózatokét BTS-sel rövidítik, jelölik.
N2	Az 5GC-CP vezérlőjeleinek a referenciapontja a gNB-k felé.
N3	Az UPF és a gNB közötti adatforgalom referenciapontja.
N4	Az 5GC-CP és az UPF közötti vezérlőjelek referenciapontja.
N6	Az UPF és az adathálózatok közötti referenciapont.
N9	Az UPF-ek közötti referenciapont.