



EVROPSKÁ KOMISE

GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ PRO KOMUNIKACE
TECHNOLOGIE

Digitální dekáda a konektivita
Skupina pro politiku rádiového
spektra Sekretariát RSPG

SÍTĚ,

OBSAH A

Brusel, 12. února 2025

RSPG25-006 FINAL

SKUPINA PRO POLITIKU RÁDIOVÉHO SPEKTRA

6G Strategická vize

Zpráva RSPG

Obsah

1	Shrnutí	4
1.1	Oblast působnosti	4
1.2	Podněty od zúčastněných stran	4
1.3	Závěry	5
2	Vývoj 5G a získané zkušenosti	7
2.1	Přechod z 5G Non-Stand-Alone na 5G Stand-Alone	8
2.2	Soulad s cíli politiky	9
2.3	Satelitní složka 5G	10
2.4	Místní a vertikální případy použití	11
2.5	Síťová integrace	12
3	První politické iniciativy v oblasti 6G	13
4	Hnací síly a nástroje pro 6G	16
4.1	Nejnovější technologické trendy	16
4.2	Scénáře využití 6G a jejich důsledky pro spektrum	16
4.3	Udržitelnost	18
5	Řešení pro sdílení spektra	20
5.1	Stále důležitější sdílení služeb	20
5.2	Trendy ve sdílení spektra	21
5.2.1	Různé úrovně pro zavedení sdílení spektra	21
5.2.2	Sdílení v rámci MNO	21
5.2.3	Sdílení mezi službami	22
5.3	Směrem k pokročilým řešením sdílení zahrnujícím 6G	23
5.3.1	Získané zkušenosti	23
5.3.2	Požadavky na případy použití ve vztahu ke sdílení spektra	23
5.3.3	Podpora a prosazování inovací v oblasti sdílení na podporu 6G, podpora evropské suverenity	24
6	Strategická role mimozemských sítí v 6G	25
7	Úloha povolovacího režimu	28
7.1	Technologická neutralita	28
7.2	Vnitrostátní povolení	28
7.3	Rozměr jednotného trhu	28
7.4	Použití osvobozené od licence	29
8	Podněty z výzkumu a vývoje	30

8.1	O výzvách v oblasti spektra očekávaných v souvislosti se scénáři využití 6G.....	30
8.2	Cíle 6G pro využívání spektra	30
8.3	Případy použití 6G	31
8.4	Důsledky případů použití pro spektrum	32
8.5	Zúčastněné strany, role a motivace v ekosystému spektra 6G.....	32
8.6	O možnostech přístupu ke spektru pro zúčastněné strany za účelem zřízení místních 5G/6Gsítí	33
8.7	Připravenost na 6G v roce 2030 pro masový trh služeb a zařízení	34
8.8	Sdílení spektra.....	34
8.9	Úloha spektra osvobozeného od licence.....	35
8.10	Úloha mimozemských sítí (NTN).....	36
8.11	Úloha konvergence sítí	36
8.12	Udržitelnost	36
8.13	Důsledky pro bezpečnost a odolnost	37
9	Podněty od výrobců zařízení, provozovatelů a vertikálních trhů.....	39
9.1	Názory výrobců zařízení.....	39
9.2	Názory provozovatelů	40
9.3	Pohledy z vertikálních trhů	41
10	Spektrum pro spuštění 6G v EU a jeho počáteční rozvoj	42
10.1	Zahušťování veřejných mobilních sítí	43
10.2	Spektrum pro 6G pro zahajovací fázi.....	44
10.2.1	Jak reagovat na potřeby spektra 6G	44
10.2.2	Potřeba koordinovaného načasování a nového pásma (nových pásem).....	44
10.2.3	Vytvoření ekosystému 6G s podporou politických iniciativ	45
PŘÍLOHA I.....		47
PŘÍLOHA II		48

1 Shrnutí

1.1 Oblast působnosti

Pracovní program RSPG na období 2024-2025 uznává, že pro podporu rozvoje a zavádění 6G v Evropě je zásadní proaktivní postoj. Včasné rozpoznání potřeb spektra usnadní počáteční spuštění a provoz sítí/služeb 6G od roku 2030.

Práce je založena na řádném vyhodnocení potřeb pokrytí a kapacity pro případy použití 6G a scénáře použití s ohledem na rámec ITU-R IMT-2030.

V úvahu přicházejí i jiné než pozemní sítě a použití bez licence. Zabývá se dlouhodobou dostupností spektra a strategiemi implementace pro 6G. Práce navazuje na další šetření uvedená v prvním stanovisku RSPG k 6G ⁽¹⁾.

1.2 Podněty od zúčastněných stran

Skupina RSPG zohlednila podněty aktivních zúčastněných stran, jako jsou výzkumné ústavy, výrobci, provozovatelé mobilních sítí (MNO) a satelitní operátoři. Za tímto účelem se v září 2024 konalo slyšení se zúčastněnými stranami. Témata, která byla na slyšení projednávána, byla následující:

1. Budoucí zavádění 5G do roku 2030
2. Případy použití pro budoucí potřeby spektra
3. Připravenost na spuštění 6G v roce 2030 pro masový trh služeb a zařízení
4. Úloha soukromých sítí v 6G
5. Úloha spektra osvobozeného od licence
6. Úloha neterestrických sítí (NTN)
7. Udržitelnost a bezpečnost

Veřejná konzultace k návrhu této zprávy RSPG proběhla od 16. listopadu do 27. prosince 2024. Všechny odpovědi, které nejsou důvěrné, jsou zveřejněny na internetových stránkách skupiny RSPG². Skupina RSPG vítá množství odpovědí, které obdržela od různorodých zúčastněných stran zastupujících většinu služeb se zájmem o rozvoj sítí 6G. Seznam zúčastněných stran, které odpověděly na veřejnou konzultaci, je uveden v příloze I.

Jak se dalo očekávat, mnoho jednotlivých komentářů odráží vlastní zájmy, a jsou na stejné téma prezentovány různými stranami protichůdné názory.

¹ RSPG23-040: Vývoj 5G a možné důsledky pro potřeby spektra 6G a pokyny pro zavádění budoucích bezdrátových širokopásmových sítí: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/system/files/2023-10/RSPG23-040final-RSPG_Opinion_on_5G_developments_and_6G_spectrum_needs.pdf.

² https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/55451aa3-680c-43bd-92b7-a91bca60b091_en?filename=PC-6G-2024-responses.zip

Tato zpráva zohledňuje názory zúčastněných stran. Diskuse možném novém spektru pro 6G a o důsledcích, které to může mít na stávající služby, spadá do oblasti působnosti dalších činností skupiny RSPG, např. WRC, Dlouhodobá vize pro horní pásmo 6 GHz, Posouzení budoucího využití kmitočtového pásma 470-694 MHz v rámci EU, Strategické otázky spektra, Vzájemné hodnocení a spolupráce členských států.³ Zavedení případů použití v konkrétních kmitočtových pásmech závisí na technických a netechnických aspektech, jako je dostupnost licence.

Podle některých zúčastněných stran

- pro dosažení spolehlivého celostátního pokrytí je nezbytné nízkopásmové spektrum (pod 1 GHz). To může být v budoucnu doplněno neterestriálními sítěmi (NTN);
- budou zapotřebí vyšší frekvenční pásma v pásmu pod 7 GHz, včetně horního pásma 6 GHz, a také nová pásma v rozsahu 7-15 GHz, která by doplnila nasazení v nízkých pásmech, aby se dosáhlo potřebné kapacity pro stávající i nové případy použití, například v městském a příměstském prostředí;
- pro případy použití v omezených oblastech, jako jsou spolupracující mobilní roboti a služby zaměřené na člověka, by se mohlo použít nasazení malých buněk. Kromě toho lze pro splnění ještě vyšších požadavků na rychlost přenosu dat a kapacitu, avšak s omezeným pokrytím, využít pásma milimetrových vln nebo lokální sub-THz nasazení, která stále předmětem výzkumu.

Některé zúčastněné strany uvedly, že potřebují dalších 200 MHz pro každou MNO ve středním pásmu s podmínkami, které umožňují využití v základnových stanicích pro makro bez zbytečných výkonových omezení. To by umožnilo realizovat případy použití 6G, které vyžadují větší kapacitu než služby 5G, a zajistit přiměřené pokrytí v příměstských/městských oblastech s využitím stejných věží základnových stanic jako pro 3,6 GHz. Operátoři dále vyjádřili potřebu většího spektra, aby mohli v nadcházejících letech zajistit větší kapacitu sítě.

Výzkumníci navrhují, sdílení spektra mezi sítěmi 6G a stávajícími uživateli spektra a sdílení spektra mezi MNO a místními/soukromými sítěmi bylo začleněno do diskusí o spektru 6G již od počátku fáze vývoje technologie a nepředstavovalo pozdější omezení.

Výrobci a prodejci uvedli, že je jednoznačně zapotřebí vytvořit plán využití spektra 6G v Evropě.

Skupina RSPG hodlá v případě potřeby zohlednit podněty zúčastněných stran i v nadcházející práci na 6G.

1.3 Závěry

V této zprávě skupina RSPG zkoumala dopady na spektrum a síť při realizaci šesti různých scénářů využití definovaných ITU-R. Skupina RSPG

³ RSPG24-008: (https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/d4e46670-313b-4bac-8d8d-760d92f4649b_en?filename=RSPG24-008final-RSPG_WP24_and_beyond_0.pdf)

rovněž uvedla možná frekvenční pásma pro 6G v Evropě, která budou dále zkoumána v rámci přípravy plánu využití spektra 6G.

Skupina RSPG se rovněž zabývala zahušťováním mobilních sítí, integrací sítí mezi mobilními sítěmi a pevnými širokopásmovými sítěmi, k nimž WAS/RLAN poskytuje bezdrátový přístup.

Skupina RSPG uznává, že 6G by měla stavět na společném vývoji a interoperabilitě pozemních a mimozemských sítí, aby se využily nejvýhodnější vlastnosti satelitních a pozemních systémů.

Pro vytvoření společného trhu se síťovými a koncovými zařízeními musí EU určit, ve kterém pásmu spektra se plánuje první spuštění 6G. Skupina RSPG proto hodlá v návaznosti na zveřejnění této zprávy vypracovat plán využití spektra 6G s cílem určit, které frekvenční pásmo (pásma) by mělo být zpřístupněno pro uvedení 6G na masový trh, ale také na podporu rozvoje různých vertikálních trhů. Členské státy, které budou chtít zavést 6G do provozu po roce 2030, by tak měly mít možnost učinit.

Tato zpráva rovněž zkoumá řešení pro sdílení spektra. Důraz je kladen na *sdílení spektra mezi službami*, které zahrnuje sdílení mezi různými radiokomunikačními aplikacemi. S rostoucím tlakem na spektrum nabývá sdílení mezi službami stále většího významu. Tvůrci politik, správci spektra, uživatelé spektra a průmysl by měli změnit své myšlení o sdílení spektra mezi službami. Výzkumná komunita se vyzývá, aby prozkoumala řešení sdílení spektra, která podpoří evropské cíle pro příští desetiletí. Při vytváření plánu pro spektrum 6G bude skupina RSPG zkoumat možná opatření pro inovativních řešení sdílení spektra, aniž by se ztratil ze zřetele princip technologické neutrality.

2 Vývoj 5G a získané zkušenosti⁴

Zavádění 5G probíhá z velké části v primárním pásmu 5G (3,6 GHz) a v dalších pásmech harmonizovaných pro ECS, jako je 700 MHz a párové pozemní pásmo 2 GHz ve Francii a Německu, v závislosti na vnitrostátních podmínkách.

Pásmo 3,6 GHz je hlavním středním pásmem, které v současné době poskytuje vysokorychlostní připojení, zejména v městských oblastech, kde jsou nároky na kapacitu nejvyšší. Řeší také požadavky na kapacitu pokrytí tím, že nabízí souvislé bloky spektra, nejlépe 80-100 MHz, jak je uvedeno v současném rámci EU⁵. Jako primární pásmo je toto pásmo cílem mnoha operátorů na světě pro spuštění 5G⁶. V některých členských státech (ČS) bylo jednotlivým operátorům přiděleno dokonce více spektra, a to až 130 MHz.

Pionýrské pásmo 5G na frekvenci 700 MHz podporuje rychlé zavádění 5G, rozšiřuje pokrytí do venkovských oblastí a spolu s ostatními pásmy zajišťuje penetraci budov. Pásmo 700 MHz zajišťuje pokrytí a někteří operátoři jej využili k zavedení 5G. Provoz v užších blocích (5-10 MHz), než jaké jsou k dispozici v pásmu 3,6 GHz, však poskytuje omezenou kapacitu a uživatelské zkušenosti. V tomto případě se počáteční zavádění 5G zaměřilo na neautonomní (NSA) verzi, založenou na jádru 4G LTE, čímž se omezil výkon 5G. Stále více operátorů v současné době spouští 5G Stand-Alone (SA) v pásmu 700 MHz, které je díky nízké latenci a omezené šířce pásma vhodné pro služby masivní komunikace strojového typu (mMTC) a ultra spolehlivé komunikace s nízkou latencí (URLLC).

Průkopnické pásmo 5G v pásmu milimetrových vln (mmW) 26 GHz je stále v rané fázi zavádění³. Poznatky získané z pásma 26 GHz by mohly pomoci podpořit další vývoj v pásmu 42 GHz, které bylo nedávno harmonizováno⁷. Pásma mmW mohou řešit případy použití s velmi vysokou kapacitou a v oblastech s mnoha uživateli.

Bezproblémové připojení v rozsáhlé oblasti však není možné vzhledem k vlastnostem šíření (vysoké ztráty, které neprospívají vícecestnému šíření: difrakce, rozptyl).

Dostupnost mobilních terminálů a zařízení v pásmu 26 GHz a 42 GHz je navíc stále omezená a nákladná, protože potřebný ekosystém se stále vyvíjí. V této fázi je schopno pracovat v pásmu mmW pouze několik zařízení 5G určených pro masový trh, jako jsou chytré telefony. Zařízení pro pevný bezdrátový přístup (FWA) pro pásmo 26 GHz jsou však k dispozici a v některých zemích se toto pásmo již pro FWA používá.

⁴ Tato část se zabývá především vývojem 5G pro masový trh.

⁵ Rozhodnutí (EU) 2019/235, kterým se mění rozhodnutí 2008/411/ES, pokud jde o aktualizaci příslušných technických podmínek pro kmitočtové pásmo 3 400-3 800 MHz <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019D0235>

⁶ RSPG23-040 Vývoj 5G a možné důsledky pro potřeby spektra 6G a pokyny pro zavádění budoucích bezdrátových širokopásmových sítí: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/system/files/2023-10/RSPG23-040final-RSPG_Opinion_on_5G_developments_and_6G_spectrum_needs.pdf

⁷ Rozhodnutí (EU) 2024/1983 o harmonizaci kmitočtového pásma 40,5-43,5 GHz pro pozemní systémy schopné poskytovat bezdrátové širokopásmové služby elektronických komunikací v Unii: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401983.

Zavádění 5G v harmonizovaných širokopásmových bezdrátových elektronických komunikačních službách (WBB ECS⁸) v pásmech jiných než 3,6 GHz probíhá především na základě stávajících povolení, která podpořila rozvoj předchozích generací mobilních systémů⁽⁹⁾, například v pásmu 700 MHz nebo ve spárovaném pozemním pásmu 2 GHz.

Sdílení spektra mezi různými generacemi mobilních technologií umožňuje provozovatelům mobilních sítí dynamicky přidělovat a sdílet stejné frekvenční spektrum mezi 4G a 5G. To umožnilo provozovatelům mobilních sítí usnadnit rychlejší zavádění nových technologií bez nutnosti složitého přerozdělování frekvencí, což umožňuje optimalizovat využití zdrojů spektra během fáze přechodu. Sdílení v rámci MNO je metoda přístupu ke spektru, která umožňuje maximalizovat využití spektra rozdělením přístupu, přičemž základnová stanice vybavená touto metodou je schopna podporovat více technologií, a to prostřednictvím stejné antény. Dalším rysem této metody je dynamický re-farming, který umožňuje základnové stanici vyčlenit kapacitu podle provozního zatížení a dynamicky upravovat přidělování spektra mezi technologiemi. Sdílení v rámci MNO je velmi účinným nástrojem pro hladký přechod ze 4G na 5G, protože umožňuje koexistenci 4G s 5G, aniž by došlo k přerušení služby 4G. Koexistence 4G a 5G ve stejném pásmu má však negativní dopad na špičkové přenosové rychlosti.

2.1 *Přechod z 5G Non-Stand-Alone 5G Stand-Alone*

Klíčové standardizované funkce 5G včetně konceptů, jako je mobilní edge computing a slicing, vyžadují novou architekturu základní sítě založenou na nejmodernějších výpočetních principech. To zahrnovalo virtualizaci (plně cloudovou implementaci), architekturu plně založenou na softwarových službách a vysoký stupeň automatizace signalizačních funkcí. Na základě této změny paradigmatu byly napsány související původní standardy programu 3GPP (3rd) Generation Partnership Program) pro 5G ve verzi 15. Přechod z implementace 4G na implementaci páteřní sítě 5G na počátku dvacátých let byl pro MNO velkým a riskantním krokem, který v té době neměly příliš jasné vyhlídky na návratnost investic (ROI). Varianta 5G NSA byla zavedena s cílem usnadnit operátorům evoluční přístup. Umožnila jim nejprve nasadit 5G New Radio (NR) a zároveň zachovat páteřní síť 4G. RSPG zdůrazňuje některé hlavní rozdíly mezi 5G NSA a 5G SA, pokud jde o výkon a možnosti nabízet specializované nebo cílené služby, protože většinu technologické evoluce poskytované 5G umožňuje 5G SA. V současné době se stále ještě značný počet evropských MNO nachází v přechodné fázi zavádění 5G, neboť zachovávají masivní využívání 5G NSA bez jasné perspektivy přijetí 5G SA. Z toho vyplývají příslušná omezení, inovativní funkce 5G, včetně rozdělení sítě na plátky na základě verze 5G SA, bránící účinnému nasazení souboru relevantních případů použití. Kritický bod tohoto scénáře spočívá v obchodních modelech, zejména pokud jde o zpeněžení sítě a návratnost investic, což přímo ovlivňuje investiční plány operátorů.

Nejlépe tento problém vyjadřuje nízká poptávka po diferencovaných službách. Takové diferencované služby vyžadují velmi nízkou latenci nebo řeší masivní připojení zařízení internetu věcí, stejně jako vyhledávání služeb ze specializovaných vyhrazených podsítí (na základě rozdělení sítě). Rovněž evropští operátoři poměrně váhali, pokud jde o

⁸ WBB ECS v tomto dokumentu znamená harmonizovaná pásma, která lze v Evropě používat pro IMT.

⁹ Zpráva ECO 03, The Licensing of "Mobile Bands" in CEPT: <https://docdb.cept.org/document/939>.

přechod na 5G SA ve srovnání s USA a Asií kvůli složitosti systému a omezenému ekosystému zařízení podporujících SA.

Kromě toho je třeba zvážit některé aspekty týkající se budoucího přechodu na 6G a 5G SA. Normalizační orgány (např. 3GPP) připravují předběžné informace o nových funkcích pro koexistenci 5G a 6G, které se nazývají sdílení více rádiového spektra (MRSS). MRSS zahrnuje použití 6G RAN na jádru 5G (5G SA) s některými aktualizacemi.

Další body, na které je třeba upozornit, se týkají:

- Přechod uživatelské terminálové základny ze 4G na 5G stále . Migrace uživatelské terminálové základny je v současné době méně závislá na strategii mobilních operátorů, a to z důvodu snížení jejich dotací terminálů.
- Potřeba spustit optický backhaul pro propojení rádiových stanic a jádra 5G
- Existence doložek o závazcích pro přijetí verze SA v povoleních 5G.

Z výše uvedených důvodů proto skupina RSPG připomněla, že k zavádění 5G SA dochází mezi evropskými MNO pomalu a nerovnoměrně. Očekává se však, že v příštích několika letech Evropa v oblasti 5G SA dožene ostatní velké regiony, což bude motivováno lepší technologickou vyspělostí, lépe rozvinutým ekosystémem zařízení a rostoucí poptávkou podniků po pokročilejších případech použití vyžadujících 5G SA.

2.2 *Soulad cíli politiky*

Podle zprávy Digitální dekáda EU (červenec 2024)⁽¹⁰⁾ dosáhne EU svého cíle základního pokrytí 5G do roku 2025. Cíl pokrýt všechny obydlené oblasti vysokorychlostními sítěmi 5G do roku 2030 byl ve zprávě 2024 sledován poprvé. Tento ukazatel měří pokrytí sídel sítěmi 5G v pásmu 3,6 GHz. Výsledky ukazují, že EU zaostává za svým plánem, aby byla schopna dosáhnout tohoto cíle do roku 2030, ale mezi jednotlivými členskými státy existují velké rozdíly. Uznává se také, že je zapotřebí společná metodika monitorování výkonnosti 5G na úrovni EU, protože členské státy používají různé přístupy¹¹.

Celostátní pokrytí, včetně hlavních silnic a železničních tratí, je zajištěno pomocí různých pásem a s využitím různých technologií mobilních sítí, včetně 5G. Tyto požadavky na národní pokrytí ve vnitrostátních povoleních se mohou v zemích lišit v důsledku národního kontextu, potřeb a politik (viz některé národní příklady v příloze II). Některé údaje z členských států ilustrují rychlý nástup 5G v pásmu 3,6 GHz. Evropská observatoř 5G¹² poskytuje přehled o stavu vývoje 5G v Evropské unii.

¹⁰ Zpráva o stavu digitálního desetiletí: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/state-digital-decade-2024-report>.

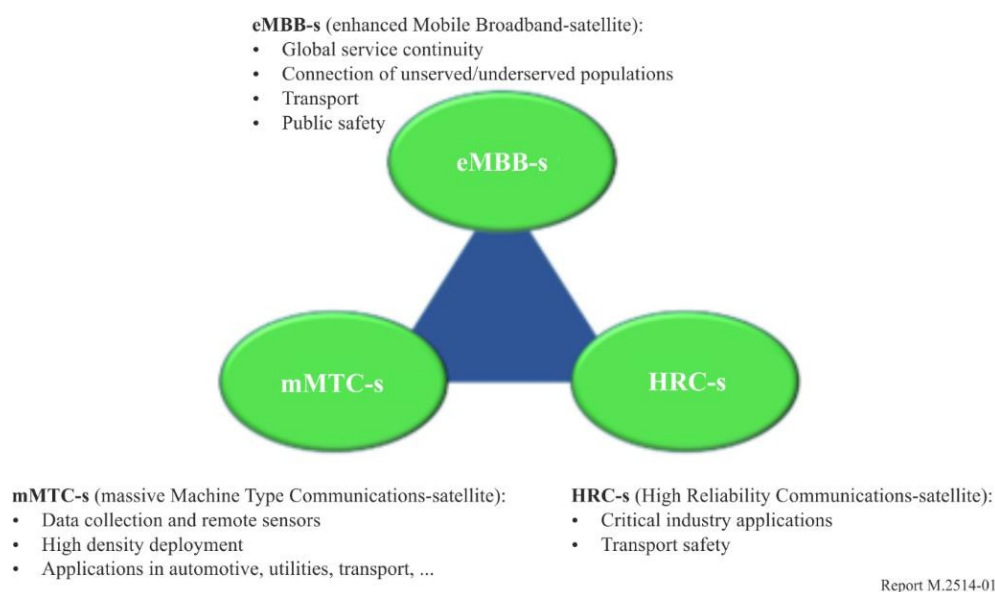
¹¹ Návrh pracovního programu BEREC na rok 2025: <https://www.berec.europa.eu/system/files/2024-10/BoR%20%2824%29%20148%20Draft%20BEREC%20Work%202020Programme%202025.pdf>

¹² Evropská tabulka 5G: <https://5gobservatory.eu/observatory-overview/eu-scoreboard/>

2.3 Satelitní složka 5G

Zpráva ITU-R M.2514-0⁽¹³⁾, přijatá v roce 2022, popisuje vizi, požadavky a pokyny pro hodnocení družicových rádiových rozhraní IMT-2020. Přidání družicové složky do IMT-2020 by mohlo rozšířit pokrytí služby IMT-2020 v nedostatečně obsluhovaných a neobsluhovaných oblastech, kde je doplnění pozemní složky nejvhodnější.

Družicová složka IMT-2020 zahrnuje tři scénáře použití, z nichž scénář použití rozšířeného mobilního širokopásmového družicového připojení (eMBB-s) a scénář použití masivního strojového komunikačního družicového připojení (mMTC-s) jsou družicové varianty eMBB a mMTC definované v doporučení ITU-R M.2083-0¹⁴. Družicová složka se nezabývá scénářem URLLC, ale pokrývá specifický družicový scénář použití vysoce spolehlivých komunikací (HRC-s). Družicové scénáře použití IMT-2020 s příslušnými případy použití jsou znázorněny na obrázku 1.



Obrázek 1: Scénáře použití družic IMT-2020 s příslušnými případy použití

Plánuje se, že ITU-R dokončí vývoj specifikace rádiového rozhraní družic IMT-2020 v květnu 2025.

Mobilní družicové služby (MSS) byly tradičně poskytovány systémy založenými na vlastních standardech a na kmitočtovém pásmu přiděleném pro MSS. Sbližování MSS a mobilních služeb však bylo podpořeno normalizačními aktivitami.

¹³ Zpráva ITU-R M.2514-0: Vize, požadavky a pokyny pro hodnocení družicového rádiového rozhraní [IMT-2020](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2514-2022-PDF-E.pdf)https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2514-2022-PDF-E.pdf

¹⁴ Doporučení ITU-R M.2083-0, IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!!PDF-E.pdf

Skupina RSPG zkoumá nové výzvy, které přinášejí družicové systémy přímého přenosu ze zařízení (D2D) pracující v pásmech WBB ECS a MSS, včetně přístupu na trhy EU. Skupina RSPG zveřejnila stanovisko k MSS 2GHz¹⁵ v únoru 2024.

2.4 Místní a vertikální případy použití

Rostoucí potřeba spektra pro vertikální a místní sítě již byla uznána v dřívějších stanoviscích skupiny RSPG, například ve stanovisku skupiny RSPG k vývoji 5G a možným důsledkům pro 6G⁽¹⁶⁾, ve stanovisku skupiny RSPG k potřebám dalšího spektra¹⁷ a ve stanovisku skupiny RSPG k programu politiky rádiového spektra RSPP¹⁸.

Dostupnost vyhrazeného spektra pro místní sítě se v současnosti v jednotlivých zemích liší. Harmonizace pásma 3,8-4,2 GHz pro pozemní bezdrátové širokopásmové sítě s nízkým a středním výkonem (WBB LMP) však situaci zlepšit a poskytnout lepší možnosti pro splnění specifických požadavků vertikál a místního využití v určitých případech použití.

Potřeby spektra pro místní a vertikální využití by se mohly ještě zvýšit, což je třeba zohlednit v budoucích strategiích spektra, a to i s ohledem na příslušný vývoj a načasování harmonizace v pásmech doporučených pro vertikální využití. Je vyjádřena potřeba soukromých sítí s širokým nebo celostátním pokrytím. Ty mohou být uspokojeny různými způsoby, například virtualizací sítí nebo rozdělením v sítích MNO nebo vybudováním vlastní soukromé sítě.

Současná harmonizační iniciativa v pásmu 3,8-4,2 GHz podporující bezdrátové širokopásmové sítě s nízkým středním výkonem umožní rozvoj nových případů průmyslového využití 5G a zlepšit evropskou konkurenceschopnost. To usnadní další vývoj vertikálních případů použití a dále podpoří potřeby vertikálních průmyslových odvětví v éře 6G.

V současné době probíhá vývoj směrem k 5G SA, včetně rozdělení sítí, protože stále více mobilních operátorů přechází na 5G SA. MNO tak budou moci poskytovat místní nebo rozsáhlé privátní sítě pro vertikální segmenty využívající network slicing.

V některých členských státech je k dispozici také spektrum pro místní sítě 5G v pásmu 26 GHz. Toto pásmo může poskytnout velmi vysokou kapacitu pro místní sítě, což přináší možnosti pro

¹⁵ RSPG24-007, Stanovisko RSPG k posouzení různých možných scénářů využívání kmitočtových pásem 1980-2010 MHz a 2170-2200 MHz družicovými pohyblivými službami po roce 2027: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/b1f597f2-d6b5-44e5-878d-ea09bdd8a1d7_en?filename=RSPG24-007final-RSPG-Opinion-MSS-public_version.pdf.

¹⁶ RSPG23-040 Vývoj 5G a možné důsledky pro potřeby spektra 6G a pokyny pro zavádění budoucích bezdrátových širokopásmových sítí: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/system/files/2023-10/RSPG23-040final-RSPG_Opinion_on_5G_developments_and_6G_spectrum_needs.pdf.

¹⁷ RSPG21-024, Stanovisko RSPG k dodatečným potřebám spektra a pokynům pro rychlé zavádění budoucích bezdrátových širokopásmových sítí https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/efbe8bbd-9625-4080-8ccc-088a44a5d6bc_en?filename=RSPG21-024final-RSPG_Opinion_Additional_Spectrum_Needs.pdf

¹⁸ RSPG21-033, Stanovisko RSPG k programu politiky rádiového spektra (RSPP): https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/00cfd520-efa9-48a1-bfec-d2980f511c3c_en?filename=RSPG21-033final-RSPG_Opinion_on_RSPP.pdf.

nové typy služeb. V současné době je toto pásmo stále málo využívané, ale očekává se, že se v nadcházejících zvýší dostupnost zařízení. Pásmo 42 GHz bylo v Evropě nedávno harmonizováno a teprve se ukáže, jak bude budoucnu využíváno.

Mezi vertikálními odvětvími je třeba zvýšit povědomí o potenciálu 5G. Poptávka ze strany podniků se může zvýšit, až budou lépe informovány o výhodách a možnostech 5G. Telekomunikační průmysl pracuje na koncepcích "plug and play", které skrývají mnoho složitostí 5G. Očekává se také, že se na trhu objeví poskytovatelé řešení, kteří se specializují na konkrétní vertikály.

2.5 *Sít'ová integrace*

V posledních letech roste poptávka po vysokorychlostním a spolehlivém připojení, což vede k výraznému pokroku v zavádění mobilních sítí a pevných širokopásmových přístupových sítí, k nimž WAS/RLAN poskytuje bezdrátový přístup.

Někteří mobilní operátoři zavedli pro určité případy použití interoperabilitu se sítěmi mimo 3GPP. Jedním z příkladů je VoWiFi, který využívá jádro 4G ePDG¹⁹ (evolved Packet Data Gateway) k bezproblémovému přenosu hlasových hovorů přes WiFi.

Vývoj k jádru 5G prostřednictvím zavedení funkcí⁽²⁰⁾, jako je například funkce N3IWF (Non-3GPP Inter- Working Function) a funkce TNGF (Trusted Non-3GPP Gateway Function), má potenciál vytvořit efektivnější, udržitelnější a na uživatele zaměřenou síť, která využívá silné stránky technologií non-3GPP a IMT.

WAS/RLAN a mobilní sítě, včetně 6G, se budou sbližovat, aby poskytovaly bezproblémové a vysoce výkonné připojení v různých prostředích. Síť WAS/RLAN poskytuje připojení ve vnitřních prostorách, zatímco síť 6G mohou zajistit pokrytí velkého území. Nově vznikající případy použití, jako je AR/VR, automatizovaná doprava a internet věcí, a vznikající IT technologie, jako je umělá inteligence a cloud computing, se spoléhají jak na místní konektivitu (např. WAS/RLAN), i na celoplošnou konektivitu (např. 6G), aby byly škálovatelné a flexibilní. WAS/RLAN zmírňuje přetížení mobilních sítí (6G) tím, že odlehčuje datový provoz, zejména v oblastech s vysokou hustotou, jako jsou města a sportoviště.

¹⁹ ETSI TS 123 402 V16.0.0 (2020-11), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Architecture enhancements for non-3GPP accesses (3GPP TS 23.402 verze 16.0.0 Release 16): https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123400_123499/123402/16.00.00_60/ts_123402v160000p.pdf

²⁰ ETSI TS 123 501 V16.6.0 (2020-10) 5G; Systémová architektura pro systém 5G (5GS) (3GPP TS 23.501 verze 16.6.0 Release 16): https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123501/16.06.00_60/ts_123501v160600p.pdf

3 První politické iniciativy v oblasti 6G

Při přípravě této zprávy identifikovala skupina RSPG řadu faktorů, které podněcují rozvoj 6G v Evropě, jako jsou:

- Politické iniciativy:
 - Závěry Rady o budoucnosti "digitální politiky EU" (§ 18, § 25)²¹
 - Zpráva Enrica Letty "Mnohem více než trh" na podporu budoucího rozvoje 6G v Evropě²²
 - Maria Draghiho "Budoucnost evropské konkurenceschopnosti"²³
 - Závěry Rady o bílé knize "Jak zvládnout potřeby evropské digitální infrastruktury?"²⁴
- Iniciativy na podporu výzkumu 6G a suverenity EU:
 - Nařízením Rady 2021/2085 byl zřízen společný podnik pro inteligentní sítě a služby (SNS JU) jako právní a finanční subjekt s cílem podpořit technologickou suverenitu Evropy v oblasti 6G⁽²⁵⁾.
 - Členské státy EU se za podpory Evropské komise a agentury ENISA, agentury EU pro kybernetickou bezpečnost, podílejí na provádění souboru nástrojů EU pro kybernetickou bezpečnost 5G. Bezpečnost a kybernetická bezpečnost jsou součástí závěrů Rady o budoucnosti "digitální politiky EU"⁽¹⁹⁾.
 - Směrnice NIS 2 (směrnice (EU) 2022/2555)⁽²⁶⁾ je legislativní akt, jehož cílem je dosáhnout vysoké společné úrovně kybernetické bezpečnosti v celé Evropské unii.

Rada EU, která v květnu 2024 přijala závěry o "budoucnosti digitální politiky EU", se již vyjádřila k technologii 6G a uznala význam společného a strategického evropského přístupu k technologii 6G jako prostředku pro technologický rozvoj a konkurenceschopnost EU na celosvětové úrovni, jakož i pro udržitelný rozvoj (§ 18), povzbuzení k pokračování a posílení úsilí o vytvoření atraktivního politického rámce pro výzkum a vývoj 6G, jakož i pro zavádění 6G na základě vhodné strategické vize 6G, která zohledňuje včasné rozpoznání potřeb spektra na základě posouzení požadavků na pokrytí a kapacitu pro případy použití 6G a jejich dopad na životní prostředí (§25).

²¹ Budoucnost digitální politiky EU - závěry Rady (21. května 2024): <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9957-2024-INIT/en/pdf>

²² Mnohem více než trh: <https://www.consilium.europa.eu/media/ny3j24sm/much-more-than-a-market-report-by-enrico-letta.pdf>

²³ Budoucnost evropské konkurenceschopnosti, část A, Strategie konkurenceschopnosti pro Evropu : https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en

²⁴ Očekává se, že budou přijaty do prosince 2024.

²⁵ Společný podnik pro inteligentní sítě a služby: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/smart-networks-and-services-joint-undertaking>

²⁶ Síťové a informační systémy 2 (NIS 2) Směrnice: <https://www.nis-2-directive.com/>

Evropa musí být aktivní ve svých opatřeních týkajících se 6G, přispívat k mezinárodním harmonizačním iniciativám a prosazovat evropské zájmy. V případě 5G se jako správný recept ukázalo včasné určení potřeby nízkých pokrytí v 700 MHz), středních (kapacita v 3,6 GHz) a vysokých (průkopnické a inovační pásmo v 26 GHz) pásem pro 5G ze strany RSPG²⁷. Také další harmonizovaná pásma pro WBB ECS využita pro implementaci 5G. S ohledem na potřebu jasného cíle pro počáteční investice do 6G by se podobný druh přístupu mohl zvážit i pro 6G, aby se uspokojily budoucí potřeby v EU a podpořil rozvoj evropské konkurenceschopnosti.

Zúčastněné strany požadují jasné pokyny, na která frekvenční pásma se zaměřit v případě 6G.

Je třeba také poznamenat, že 6G je více než jen nová generace pro vyšší rychlost přenosu dat - očekává se, že přinese možnosti nových inovací a služeb ve srovnání s 4G/5G. Sítě 5G SA jsou v současné době vyvíjeny ve velkém počtu členských států EU v různých harmonizovaných pásmech v závislosti na strategii mobilních operátorů (služby, migrace sítě, CAPEX, provozní náklady (OPEX) atd.) a dostupných zdrojích spektra.

Skupina RSPG identifikovala omezené nové zdroje, které by mohly být poskytnuty na podporu zavedení 6G. Například i když WRC-23 určila pro IMT pásmo 6425-7125 MHz, horní pásmo 6 GHz je předmětem jiného stanoviska RSPG. S výjimkou 7125-7250 MHz bylo evropské stanovisko na WRC-23 proti studiu dalších identifikací IMT ve frekvenčních pásmech, kde by IMT mohlo ohrozit strategické a důležité evropské využití spektra s mezinárodní působností (satelitní, námořní, letecké). kromě toho lze zvážit opětovné využití stávajícího harmonizovaného spektra WBB ECS v závislosti na dalším širokém zavedení 5G SA ze strany MNO a funkcí v rámci standardizace pro koexistenci uvnitř MNO (viz také první stanovisko RSPG k 6G²⁸).

Evropa se také aktivně zapojuje do spolupráce v oblasti výzkumu 6G: 6G SNS s dalšími regiony²⁹.

Důležitá je spolupráce při ovlivňování mezinárodní politiky v oblasti 6G a jako příklad spolupráce Spojené státy a řada evropských zemí podepsaly společné prohlášení, které stanoví hlavní zásady pro rozvoj 6G³⁰.

Příklady vývoje mimo Evropu

- V USA je Next G Alliance iniciativou, která má v příštím desetiletí zajistit vedoucí postavení Severní Ameriky v oblasti bezdrátových technologií prostřednictvím soukromého sektoru.

²⁷ RSPG24-019: Stanovisko k tématu Jak zvládnout potřeby evropské digitální infrastruktury?, https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/15789389-828c-4a55-a397-f2338fa2125b_en?filename=RSPG24-019final-RSPG_Opinion_on_how_to_master_Europes_digital_infrastructure_needs.pdf

²⁸ RSPG23-040 Vývoj 5G a možné důsledky pro potřeby spektra 6G a pokyny pro zavádění budoucích bezdrátových širokopásmových sítí: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/system/files/2023-10/RSPG23-040final-RSPG_Opinion_on_5G_developments_and_6G_spectrum_needs.pdf

²⁹ Úkoly a cíle SNS JU: <https://smart-networks.europa.eu/missions-and-objectives/>

³⁰ Společné prohlášení Rady EU a USA pro obchod a technologie ze dne 4. a 5. dubna 2024: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_24_1828

úsilí. S velkým důrazem na komercializaci technologií bude práce zahrnovat celý životní cyklus výzkumu a vývoje, výroby, standardizace a připravenosti na trh³¹.

- V Jižní Koreji zahájilo ministerstvo pro vědu a informační a komunikační technologie (MSIT) strategii K- Network 2030, jejímž cílem je projednat vzájemně výhodnou spolupráci mezi veřejným a soukromým sektorem a mezi velkými podniky, malými a středními podniky a mikropodniky, aby se Korea stala příkladnou zemí pro síť nové generace³².

³¹ Další aliance G: <https://nextgalliance.org/>

³² Ministerstvo vědy a informačních a komunikačních technologií, Korea: MSIT představuje strategii K-Network 2030: <https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=4&mPid=2&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=783>

4 Hnací síly a nástroje pro 6G

4.1 Nejnovější technologické trendy

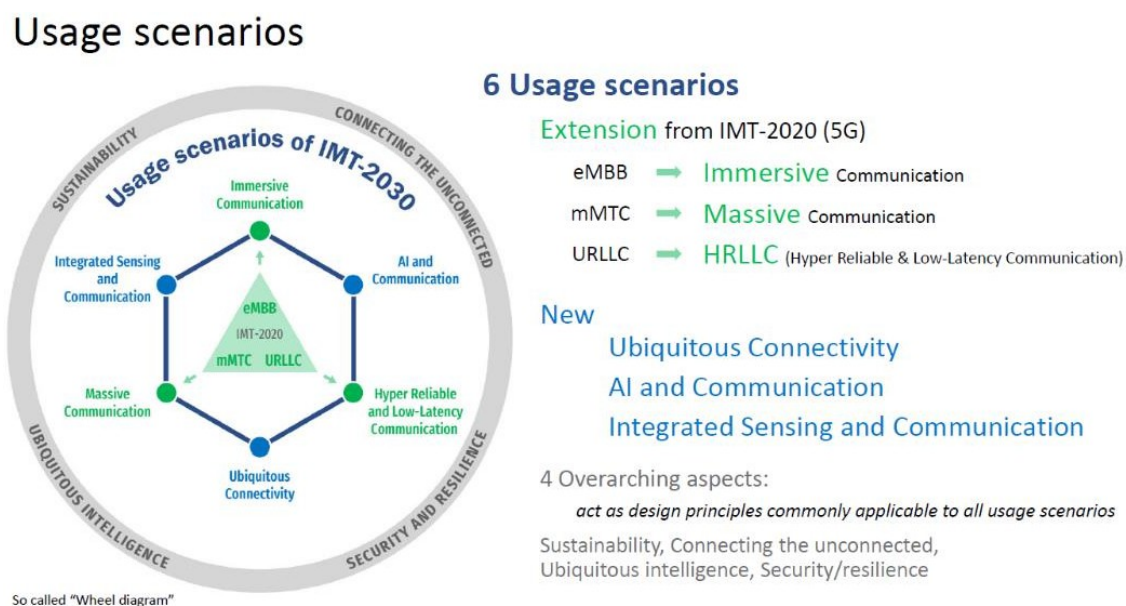
V roce 2022 zveřejnila ITU-R zprávu "Budoucí technologické trendy pozemních mezinárodních mobilních telekomunikačních systémů do roku 2030 a dále" ⁽³³⁾.

V prosinci 2023 se 3GPP zavazuje vyvinout specifikace 6G. Následné kroky v raných systémech 5G zaměřených na vertikální služby by se mohly objevit jako přímá konkurence vertikálních služeb poskytovaných mobilními operátory pomocí 5G slicingů a podnítit další vývoj směrem k 6G podporující potřeby vertikálních služeb.

3GPP také vyvíjí specifikace pro 5G non-terrestrial networks (NTN), včetně satelitních. Dále dochází k rozvoji spolupráce satelitními a mobilními operátory.

4.2 Scénáře využití 6G a jejich důsledky pro spektrum

Rámcem ITU-R IMT-2030³⁴ a časový plán nastiňují vývoj 6G na mezinárodní úrovni. Scénáře použití a zastřešující aspekty uvedené v rámci jsou znázorněny na obrázku 2.

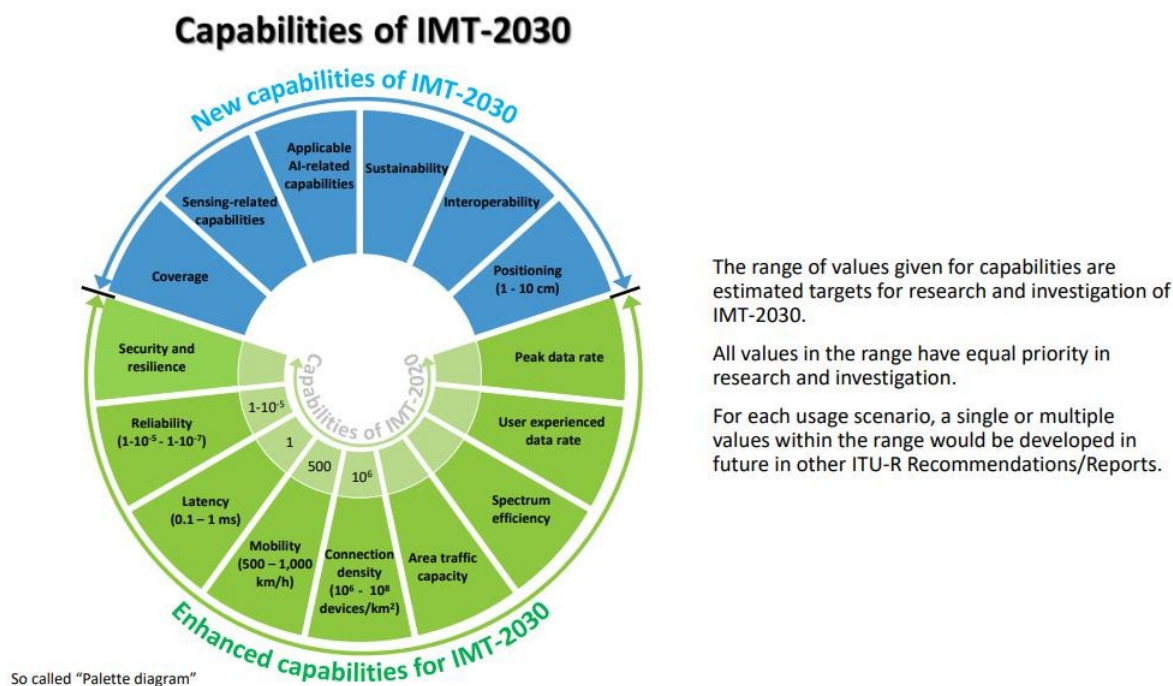


Obrázek 2: Scénáře použití a zastřešující aspekty v rámci ITU-R IMT-2030

³³ Zpráva ITU-R M.2516-0 Budoucí technologické trendy pozemních mezinárodních mobilních telekomunikačních systémů do roku 2030 a po něm: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2516-2022-PDF-E.pdf

³⁴ Rec. ITU-R M.2160, Rámec a celkové cíle budoucího rozvoje IMT pro rok 2030 a dále: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2160-0-202311-I!!PDF-E.pdf

Podle ITU se předpokládá, že různé scénáře použití 6G budou rozšiřovat scénáře 5G (tj. eMBB, URLLC a mMTC) do širšího použití, které vyžaduje rozvinuté a nové schopnosti. Kromě rozšířených scénářů použití 5G se předpokládá, že 6G umožní nové scénáře použití vyplývající ze schopností, jako je umělá inteligence a snímání, které předchozí generace nebyly navrženy tak, aby podporovaly. Také různé cíle pro 6G zahrnují nové a rozšířené schopnosti ve srovnání s 5G (obr. 3).



Obrázek 3: Schopnosti IMT-2030

Na základě scénářů využití IMT-2030 lze očekávat následující první důsledky pro spektrum:

- Pohlcující komunikace zahrnuje případy použití, které uživatelům poskytují bohatý a interaktivní (pohlcující) zážitek z videa, včetně interakcí se strojovými rozhraními. Tento scénář použití je relevantní pro práci EU v oblasti virtuálních světů³⁵. Zásadní je rovnováha mezi vyššími rychlostmi přenosu dat a zvýšenou mobilitou v různých prostředích. Nákladově efektivní městské pokrytí a kapacita pro imerzivní komunikaci umožňující opakované využití stávajících základnových stanic bude vyžadovat spektrum ve středním pásmu kvůli potřebě spektra vhodného pro větší šířku pásma a s podobnými rádiovými vlastnostmi jako 3,4-3,8 GHz (pokrytí/kapacitní výkon), které zajistí i možné opakované využití základnových stanic. Existují technická a ekonomická omezení, pokud jde o míru zahuštění, která je proveditelná. Některé případy použití, v závislosti na hustotě obyvatelstva nebo zájmových oblastech, mohou být obsluhovány také sítěmi 6G, které poskytují vysokou rychlost.

³⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0442> popisuje virtuální světy jako "trvalá, pohlcující prostředí, založená na technologiích včetně 3D a rozšířené reality (XR), která umožňují prolínání fyzického a digitálního světa v reálném čase pro různé účely, jako je navrhování, simulace, spolupráce, učení, socializace, provádění transakcí nebo poskytování zábavy".

dat, . ve vysokých pásmech, ale pak bude pokrytí omezené. Virtuální světy pro domácnosti a spotřebitele by mohly být obsluhovány nelicencovanými pásmy.

- Hromadná komunikace: Tento scénář použití souvisí s připojením velmi velkého množství zařízení internetu věcí, včetně zařízení s velmi nízkou spotřebou energie, která vyžadují nízké nebo střední přenosové rychlosti ve velké oblasti pokrytí. Tento scénář použití by mohly nejlépe podporovat sítě využívající nízká a střední pásma. K zajištění globálního pokrytí jsou zapotřebí sítě, které nejsou pozemní. Pro internet věcí je již k dispozici spektrum, včetně frekvenčních pásem MNO, které by mohlo podporovat i technologii 6G. Ve srovnání s 5G má 6G za cíl zvýšit počet a hustotu připojených zařízení.
- Velmi spolehlivá komunikace s nízkou latencí: Typické případy použití zahrnují komunikaci v průmyslovém prostředí pro plnou automatizaci, řízení a provoz. Očekává se, že tento scénář použití budou obsluhovat specializované sítě s extrémním výkonem. Očekává se, že první implementace sítí budou lokální a přizpůsobené např. pro průmysl. URLCC nevyžaduje ve všech případech použití vysokou kapacitu a velkou šířku pásma. V důsledku toho by na část poptávky mohla reagovat současná harmonizovaná pásma (frekvenční pásma s úzkými a zmenšenými velikostmi bloků).
- Očekává se, že všudypřítomné připojení poskytne cenově dostupné připojení a minimálně základní širokopásmové služby s rozšířeným pokrytím, včetně řídicí osídlených oblastí. Typické případy použití zahrnují mimo jiné internet věcí a mobilní širokopásmovou komunikaci. Sítě pro obsluhu tohoto scénáře využití by mohly být vybudovány v nízkých pásmech (nejlépe s agregací nosných sítí < 1 GHz). Konektivita by mohla být rozšířena prostřednictvím propojení s jinými systémy, např. s mimozemskými sítěmi.
- Umělá inteligence a komunikace by vyžadovaly podporu vysoké kapacity provozu v oblasti a rychlosti přenosu dat pro uživatele, jakož i nízkou latenci a vysokou spolehlivost v závislosti na konkrétním případě použití. Mezi typické případy použití patří asistované automatizované řízení, autonomní spolupráce mezi zařízeními pro aplikace lékařské pomoci a vytváření digitálních dvojčat a predikce s nimi. Tento scénář použití by mohly obsloužit sítě 6G ve středních pásmech, které poskytují kapacitu a pokrytí. Případy použití umělé inteligence a komunikace jsou v rané fázi a jsou součástí výzkumných a vývojových aktivit.
- Integrované snímání a komunikace (ISAC) poskytuje prostorové informace o nepřipojených objektech i připojených zařízeních a jejich pohybu a okolí. První výzkumné a vývojové aktivity představily dva různé přístupy k implementaci sítí: 1) využití některých subnosných sítí 6G v nízkých a středních pásmech pro snímání, což mírně sníží kapacitu sítě, 2) specializované sítě pro ISAC ve velmi vysokém spektru (např. mmWave nebo sub-THz).

4.3 Udržitelnost

Jako první krok může skupina RSPG zvážit, zda by se neměla zabývat současným stavem zohledňování udržitelnosti v současných cestovních mapách a stěžejních projektech 6G tím, že poskytne přehled ekologických prvků a funkcí, předpokládaných klíčových ukazatelů výkonnosti a cílů atd. a určí, jak tyto úvahy souvisejí s politikou v oblasti spektra.

Nedávná prohlášení o 6G zdůrazňují udržitelnost jako hlavní zásadu, včetně např. 6G výhledu Rady pro obchod a technologie (TTC) EU a USA³⁶, který uvádí, že *"technologie 6G musí být také prostředkem udržitelnosti s ohledem na environmentální, sociální a ekonomické hledisko. Snížení uhlíkové stopy a energetická účinnost budou důležitými cíli návrhu sítí 6G. V širším smyslu by 6G mělo umožnit snížení spotřeby energie ve všech odvětvích hospodářství a společnosti. V ideálním případě budou technologie 6G produkovat méně znečištění a snižovat další dopady na životní prostředí, aby lépe přispívaly k dlouhodobé sociální udržitelnosti při zachování ekonomické proveditelnosti."* Tyto politické cíle na vysoké úrovni jsou podnětem pro příslušné investice výzkumu a vývoje 6G.

Svým požadavkem na technologickou neutralitu a zavedením nejméně omezujících technických podmínek podporuje politika EKS myšlenku udržitelného využívání spektra. Nové technologie s vyšší účinností lze snadno zavádět bez nutnosti provádět změny regulačních požadavků nebo na ně čekat. Vnitrostátní správní orgány navíc podporují testování nových udržitelných přístupů ve fázi výzkumu a vývoje vydáváním zkušebních licencí pro nové technologie před jejich uvedením na trh. To pomáhá vyhodnotit také to, zda je očekávané chování nového vývoje splněno v reálném prostředí.

Doporučení na podporu udržitelnosti jsou uvedena v plánu pro průmysl 6G³⁷ TTC EU a USA. Udržitelnost je také dále diskutována v kapitole 8 této zprávy.

Nezemské součásti 6G by mohly přispět k otisku ruky i stopy systému 6G. Na druhou stranu by NTN mohly případně přispět k udržitelnosti sítí 6G. Snížení potřeby pozemní infrastruktury může být přínosem NTN v některých částech Evropy, protože poskytují globální pokrytí s mnohem menším počtem instalací na Zemi.

³⁶ Formování digitální budoucnosti Evropy: výhled 6G: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/6g-outlook>

³⁷ EU-USA, Beyond 5G/6G Roadmap: <https://6g-ia.eu/wp-content/uploads/2024/01/eu-us-aligned-6g-roadmap-joint-paper.pdf?x44222>

5 Řešení pro sdílení spektra

Sdílení spektra je strategickým pilířem správy spektra. Za tímto účelem skupina RSPG zveřejnila různé dokumenty, v nichž se zabývá přístupy ke sdílení spektra a poskytuje doporučení pro rozšíření postupů sdílení a jejich šíření. Předchozí stanoviska^{38 39) 40} zůstávají v platnosti pro 6G a mohou připravit půdu pro budoucí rozvoj 6G. Tato zpráva klade zvláštní důraz na sdílení spektra mezi různými radiokomunikačními aplikacemi, a to buď v rámci jedné rádiové služby (např. FIXED, MOBILE), nebo mezi různými rádiovými službami. Druhá možnost se označuje jako sdílení spektra mezi službami. Tato zpráva obsahuje doporučení ke zvýšení sdílení spektra s předběžnou analýzou možných opatření na podporu zavádění inovativních a dynamičtějších řešení sdílení spektra a návrhy koordinovaných opatření. Tyto přístupy ke sdílení spektra by měla skupina RSPG pečlivě posoudit při zkoumání možných frekvenčních pásem určených pro 6G. Strategickým cílem této konkrétní zprávy je také změnit myšlení na toto téma mezi tvůrci politik, správci spektra, uživateli a průmyslem. Výzkumná komunita se vyzývá, aby zkoumala řešení sdílení spektra, která podporují evropské cíle pro příští desetiletí.

5.1 Stále důležitější sdílení služeb

Stále roste zájem o využití mobilních sítí (WBB ECS), pevných spojů podporujících rozvoj WBB ECS, bezdrátových místních sítí (WBB LMP), satelitních služeb a komerčních a vládních služeb (např. vědeckých, obranných atd.) které by mohly být zaměřeny na stejná frekvenční pásma. Některé aplikace podléhají stejné rádiové službě, například IMT a WAS/RLAN jako součást služby MOBILE. Rostoucí poptávka po spektru v budoucnu, sdílení stejného pásma spektra mezi různými uživateli bude při vývoji 6G stále nezbytnější.

Správní orgány dávají zúčastněným stranám jasně najevo, že sdílení spektra mezi službami se stává stále důležitějším tématem. Vzhledem k požadavkům na spektrum pro 6G v roce 2030 a dále, včetně požadavků na sdílení spektra, je zásadně důležité, aby se na tomto dlouhodobém strategickém vývoji správy spektra podílely i zúčastněné ekosystémy, včetně mobilního průmyslu.

³⁸ RSPG21-016, RSPG Report on Spectrum Sharing, A forward-looking survey: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/ae201a0-06e3-494f-b7f7-36ec3b723291_en?filename=RSPG21-016final_RSPG_Report_on_Spectrum_Sharing.pdf.

³⁹ RSPG21-022, Stanovisko RSPG ke sdílení spektra - průkopnické iniciativy a pásma: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/0e3df317-dbc6-49ee-9d15-ef47ccd9db0d_en?filename=RSPG21-022final_RSPG_Opinion_Spectrum_Sharing.pdf.

⁴⁰ RSPG21-033, Stanovisko RSPG k programu politiky rádiového spektra (RSPP): https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/00cfd520-efa9-48a1-bfec-d2980f511c3c_en?filename=RSPG21-033final-RSPG_Opinion_on_RSPP.pdf.

5.2 Trendy ve sdílení spektra

5.2.1 Různé úrovně pro zavedení sdílení spektra

Skupina RSPG uznává, že již dnes se velké množství rádiového spektra využívá na sdíleném základě, a to za účasti WBB ECS. Podmínky sdílení by mohly být stanoveny například na:

- Mezinárodní úroveň (příkladem je rozhodnutí WRC-23, kterým se stanoví podmínky sdílení pro provoz systémů IMT v pásmu horních 6 GHz při současné ochraně družicového příjmu (ochrana pevné družicové služby FSS (Země-vesmír)⁽⁴¹⁾).
- Evropská úroveň s harmonizovanými podmínkami (například mobilní komunikace na palubě letadla, MCA, služby sdílející pásmo s komerčními mobilními sítěmi 5G).
- Národní úroveň (například národní technické podmínky, které je třeba vypracovat za účelem ochrany provozu pozemních stanic nebo pevné služby v pásmu 26 GHz v případě zavedení WBB ECS).

5.2.2 Sdílení v rámci MNO

Sdílení spektra navíc praktikuje i samotné odvětví, a to prostřednictvím sdílení spektra mezi jednotlivými MNO. Sdílení spektra mezi různými technologiemi umožnilo provozovatelům mobilních sítí využívat stejné frekvenční pásmo mezi různými generacemi mobilních technologií, a umožnit tak plynulý přechod na novější technologie. Díky možnosti sdílet zdroje spektra na vyžádání v reálném čase již není nutné složité přezbrojování frekvencí. To umožňuje rychlejší zavádění nových technologií pro zákazníky s uživatelskými zařízeními (UE) podporujícími nejnovější generaci mobilních technologií, přičemž zákazníci se staršími UE mohou být obsluhováni i nadále. Toto optimalizované využití zdrojů spektra vede k lepší celkové uživatelské zkušenosti. Je důležité shromáždit zkušenosti MNO se sdílením v rámci MNO.

Skupina RSPG konstatuje, že mobilní průmysl se dosud zaměřoval převážně na sdílení spektra v rámci jedné technologie. MNO by například mohli mít obchodní pobídky (např. snížení kapitálových výdajů, CAPEX), a proto se aktivně zapojují do standardizace řešení vnitrotechnologického sdílení spektra, která se zaměřují na evoluční vývoj architektury a zařízení mobilních sítí. Očekává se, že tyto standardizační snahy, které rovněž poskytují příležitosti k úsporám z rozsahu, budou v budoucnu pokračovat.

Očekává se, že sdílení spektra více rádiových přístupových technologií (MRSS) by se mohlo stát integrovanou schopností 6G. Takový přístup se opírá o identifikaci podmínek sdílení na úrovni sítě uvnitř MNO, přičemž MNO podporují standardizované podmínky. Tím se vyhne velkým změnám v architektuře své mobilní sítě.

⁴¹ ITU-R se dohodla na úrovni očekávané spektrální hustoty e.i.r.p. vyzařované základnovou stanicí IMT v závislosti na vertikálním úhlu nad horizontem řešení pro ochranu družicového příjmu v horním pásmu 6 GHz, o němž bylo rozhodnuto na WRC-23, bylo příkladem nového a inovativního způsobu, jak umožnit zavedení pozemních mobilních aplikací v tomto pásmu.

a síťových zařízení a zároveň poskytuje úspory z rozsahu. MRSS je ve fázi standardizace pro koexistenci 5G SA a 6G.

5.2.3 *Sdílení mezi službami*

Při uznání zásady technologické neutrality při správě spektra by požadavky vyplývající z harmonizovaného rámce mohly rovněž vést k potřebě sdílení mezi technologiemi. Například sdílení pásem WBB ECS mezi různými místními sítěmi nebo sdílení mezi MNO a místními nebo soukromými sítěmi by mohlo dále zvýšit efektivitu využívání těchto pásem a zároveň umožnit přístup ke spektru různým uživatelům⁴². U 6G lze očekávat další pokrok ve využívání a sdílení spektra. Sdílení spektra mezi službami nebo mezi technologiemi by však nemuselo být vyvoláno pouze mobilním průmyslem v reakci na obchodní požadavky.

Sdílení spektra mezi službami vyžaduje specializované studie a intenzivní spolupráci napříč odvětvími. Na kmitočtová pásma, která již využívají zavedené služby, by se mohly zaměřit služby, které potřebují nové dodatečné možnosti využití spektra. Sdílení těchto pásem není vždy možné vzhledem ke strategické povaze využívání stávajícími operátory i technickým problémům. Při úvahách o sdílení by se měla zohlednit povaha aplikací a služeb, jakož i vlastnosti daného pásma spektra. Tyto otázky se řeší případ od případu, pásmo od pásma, případně včetně příslušných synergií mezi těmito službami s komerční perspektivou (například D2D a mobilní služby). V některých případech je nutná vnitrostátní reorganizace využívání spektra, jako je například příklad z minulosti, migrace pevných spojů do jiných frekvenčních pásem za účelem zavedení mobilního doplňkového downlinku (SDL) 5G v pásmu L. To předpokládá dlouhodobé plánování spektra ze strany vnitrostátních správních orgánů.

Správa spektra bude čelit výzvam při přizpůsobování 6G kvůli rozsáhlému využívání stávajících služeb a aplikací v rámci uvažovaných pásem. Evropská harmonizační politika by mohla podporovat normalizační činnosti v oblasti 6G, které podporují sdílení mezi službami a případně i mezi technologiemi. To by měla skupina RSPG pečlivě posoudit při vypracovávání plánu využití spektra 6G, protože se nejedná o obchodní požadavek, s přihlédnutím k zásadě technologické neutrality a potřebám spektra.

Závěrem

- Otázky sdílení se řeší případ od případu, pásmo od pásma.
- Kromě koncepcí sdílení, které již byly vyvolány obchodními pobídkami mobilního průmyslu, by mohla být zapotřebí také řešení sdílení vyvolaná požadavky na správu spektra, např. v 6G, aby bylo možné sdílet spektrum mezi službami.

⁴² RSPG21-022, Stanovisko RSPG ke sdílení spektra - průkopnické iniciativy a pásma: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/0e3df317-dbc6-49ee-9d15-ef47ccd9db0d_en?filename=RSPG21-022final_RSPG_Opinion_Spectrum_Sharing.pdf.

- Inovativní řešení a iniciativy v oblasti sdílení by mohly být založeny také na zlepšení procesu povolování a na definování a provádění pokročilých technických podmínek sdílení.
- Na podporu účinného využívání spektra a v souladu s cíli politiky EU by se měly dále studovat a standardizovat mechanismy sdílení spektra mezi službami, které by se neomezovaly pouze na 6G, aby se tento proces urychlil. To by mělo být podporováno také v rámci výzkumu, CEPT, ETSI, 3GPP a IEEE a případně prostřednictvím právního aktu EU.

5.3 *Směrem k pokročilým řešením sdílení zahrnujícím 6G*

5.3.1 *Získané zkušenosti*

Skupina RSPG prozkoumala a doporučila dynamický přístup ke sdílení spektra mezi různými způsoby využití přístupu sdíleného licencovaného přístupu (LSA)⁽⁴³⁾. Takový přístup byl dokonce standardizován. Zmíněno je také využívání bílých míst, občanská širokopásmová rádiová služba (CBRS) a nejnověji automatizovaná koordinace kmitočtů (AFC) ve Spojených státech (USA), založená na principech snímání a/nebo databází. CBRS v pásmu 3,5 GHz v USA v souvislosti s ochranou stávajícího vládního využívání odhaluje složitost přístupu ke spektru.

Je důležité pochopit a posoudit všechny praktické vlastnosti a nedostatky různých koncepcí a přístupů ke sdílení a co je nutné pro jejich zobecnění, aby bylo možné posoudit všechny možnosti použití těchto řešení ve frekvenčních pásmech určených pro 6G v budoucnosti. Poznatky získané z koncepcí a přístupů sdílení budou součástí analýzy při vytváření plánu pro spektrum 6G.

5.3.2 *Požadavky na případy použití ve vztahu ke sdílení spektra*

S ohledem na perspektivu různých pokročilých, na šířku pásma náročných a pro kvalitu služby (QoS) kritických případů použití, které technologie 6G umožňuje, je také důležité lépe porozumět jejich lokalizaci a geografickému zaměření, aby bylo možné případ od případu posoudit potenciál inteligentního/dynamického geografického sdílení s dalšími službami a aplikacemi, a to s ohledem na celostátní i místní potřeby, včetně podpory různých politik. To je důležité zejména pro kmitočtová pásma s charakteristikami šíření, které podporují pokrytí velkých oblastí.

Technologie umělé inteligence se mohou v tomto ohledu ukázat jako přínosné, protože se učí vzorce používání, aby se přizpůsobily a řídily sdílení spektra v závislosti na kontextu na základě situačních a časových okolností a aktuální poptávky, což by zase optimalizovalo využití spektra.

⁴³ RSPG13-538, Stanovisko RSPG k licencovanému sdílenému přístupu: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/a0f71cd0-35e3-4f09-acf0-bf47bb3ebee7_en?filename=RSPG13-538_RSPG-Opinion-on-LSA%20.pdf

5.3.3 Podpora a prosazování inovací v oblasti sdílení na podporu 6G, podpora evropské suverenity.

Jak bylo zdůrazněno v předchozím stanovisku⁴⁴, praktické provádění dynamického sdílení spektra je i nadále závislé na různých složkách, jako jsou: vlastnosti uvažovaného pásma spektra, stávající uživatelé a noví uživatelé, kompatibilita technologií, technická proveditelnost, bezpečnost, důvěrnost pro určité použití, ochota různých složek odvětví přispět k přístupu ke sdílení, podmínky sdílení/přístup a algoritmy. Tyto otázky zůstávají v platnosti i pro 6G. Proto by tyto pokročilé přístupy ke sdílení měly být vnímány spíše jako předběžné vodítko pro možné vývojové kroky, které je třeba zvážit v éře 6G, než jako dlouhodobá vize. Nicméně v souvislosti s 6G a v zájmu posílení sdílení spektra se skupina RSPG domnívá, že 6G by mělo zahrnovat nativní funkce/umožnění, které by napomohly sdílení s jinými způsoby využití spektra, protože se očekává, že nové spektrum pro mobilní síť nebude na výlučné bázi. Například možnost aktivního anténního systému omezit vysílání v pevném směru prostřednictvím algoritmu zero-forcing by usnadnila koordinaci s jinými stanicemi, jako jsou stanice pevné služby, radioastronomické služby nebo pozemní stanice pevné družicové služby.

Při přípravě plánu pro spektrum 6G by se tyto evoluční kroky mohly v případě potřeby zkoumat zpočátku pro konkrétní frekvenční pásma, pokud mají vznikající řešení potenciál pro komoditizaci / zobecnění a pokud se neztrácí ze zřetele zásada technologické neutrality.

Je třeba také zmínit význam dvou různých, ale vzájemně souvisejících evropských pracovních proudů, které podporují evropskou suverenitu.

- Zprv je třeba podpořit evropské aktivity v oblasti výzkumu a vývoje (VaV). Klíčové je, aby byly evropské projekty výzkumu a vývoje v oblasti 6G financované z veřejných prostředků motivovány k tomu, aby do svého rozsahu zahrnovaly možnou správu spektra mezi službami (viz např. projekt Hexa-X).
- Za druhé, zásadní význam má evropská politika rádiového spektra (RSPG) a technická harmonizace podporovaná CEPT⁴⁵ a normalizační práce ETSI. Nemusí však stačit pouze podporovat práci CEPT a ETSI na podporu zavádění takových harmonizovaných přístupů ke sdílení spektra. Jejich příslušné provádění podporované evropskou politikou a technickou harmonizací by mělo být podle potřeby podporováno také v rámci mezinárodní normalizace, například v procesu specifikace 3GPP.

⁴⁴ RSPG23-040 Vývoj 5G a možné důsledky pro potřeby spektra 6G a pokyny pro zavádění budoucích bezdrátových širokopásmových sítí: https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/system/files/2023-10/RSPG23-040final-RSPG_Opinion_on_5G_developments_and_6G_spectrum_needs.pdf.

⁴⁵ ROZHODNUTÍ č. 676/2002/ES o předpisovém rámci pro politiku rádiového spektra v Evropském společenství (rozhodnutí o rádiovém spektru): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D0676&qid=1730232945967>

6 Strategická úloha mimozemských sítí v 6G

Skupina RSPG upozornila na různé složky, které mohou být součástí jiných než pozemních sítí (NTN).

Satelitní síť: Síť nebo segmenty sítí, které využívají stanice na objektech ve výšce větší než 50 km.

Stanice HAPS (High Altitude Platform Station): Stanice umístěná na objektu ve výšce 20 až 50 km a v určeném, jmenovitém, pevném bodě vzhledem k Zemi.

Základnové stanice pro mezinárodní mobilní telekomunikace (IMT) ve velkých výškách (HIBS): HAPS se základnovými stanicemi IMT (s možností provozu z 18 km a dalších výšek HAPS).

Tyto komponenty obvykle neposkytují stejnou kvalitu služeb jako pozemní mobilní síť. Mohly by však poskytovat lepší pokrytí a odolnost nebo být použity jako záložní či doplňkové síť například v situacích nouze a pomoci při katastrofách.

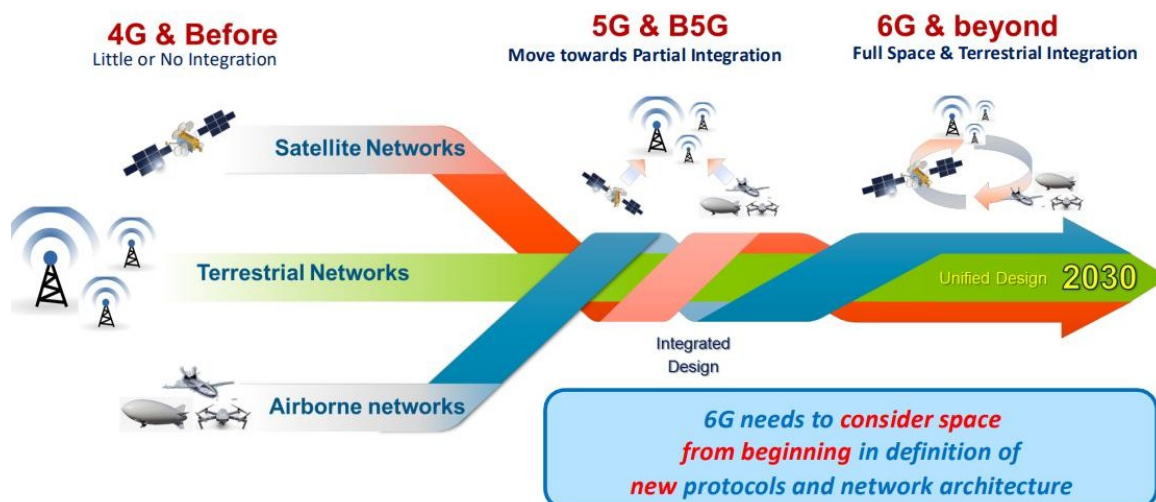
Úkolem NTN, HAPS/HIBS by mohlo být například sloužit scénáři všudypřítomného připojení a zastřešujícímu principu návrhu "propojení nespojených". Vzhledem k tomu, že se předpokládá, že 6G bude poskytovat připojení na zemi, na moři, ve vzduchu a ve vesmíru, mohly by být NTN, HAPS/HIBS potřebné jako doplněk pozemních sítí. Aby se tento cíl stal skutečností, mělo by být 6G navrženo tak, aby spolupracovalo s NTN, HAPS/HIBS.

Tyto systémy fungují převážně podle mezinárodní technologicky neutrální regulace spektra. Příslušné rámce již existují pro HAPS, HIBS a různé satelitní síť.

Nedávný vývoj v družicových oblastech vyvolal investice a inovace směrem k D2D v pásmech MSS a D2D v mobilních pásmech, kde v provozu síť WBB ECS. NTN D2D by mohly být poskytovány buď pomocí satelitního D2D, nebo HIBS.

Pokud jde o podmínky ITU pro HAPS a HIBS, 6G v družicovém prostředí bude brzy těžit z budoucích aktualizací mezinárodního regulačního rámce, zejména s cílem chránit mobilní síť před emisemi D2D družic nad sousedními zeměmi.

Evropská komise navíc požádala skupinu RSPG o vypracování stanoviska politickému přístupu na úrovni EU k využívání satelitního připojení přímo k zařízení a k souvisejícím otázkám jednotného trhu. Stanovisko má posoudit různé politické přístupy zahrnující pásma MSS i ECS (mobilní). Skupina RSPG má předložit konečné stanovisko k této záležitosti v červnu 2025.



Obrázek 4: 6G: Na cestě k plně integrovanému ekosystému (zdroj: GSOA)

Družicová složka NTN pro 6G se bude opírat o širokou škálu družicových řešení, která budou fungovat nejen na nízkých oběžných drahách (LEO), ale také na středních oběžných drahách (MEO) a geostacionárních oběžných drahách (GEO), a to jako samostatné platformy nebo v součinnosti. Kombinace více oběžných drah, mezisatelitní spojení, integrace umělé inteligence a kvantových technologií a další pokročilé funkce umožní satelitním (pozemním i vesmírným) systémům příští generace dále přispívat k masivní a bezpečné distribuci dat po celém světě a také reagovat na časově citlivé aplikace 6G, jako jsou autonomní vozidla, průmyslová automatizace a další pohlcující služby, jak bylo stanoveno pro IMT-2030⁴⁶.

6G by mělo vycházet ze společného vývoje/interoperability sítí 5G NTN a pozemních sítí, aby se využily nejvýhodnější vlastnosti satelitních a pozemních systémů. 6G by mohlo podporovat a kombinovat pozemní sítě a komponenty NTN, jak je znázorněno na obrázku 4. Síť 6G by mohly podporovat dynamickou rekonfiguraci, aby se přizpůsobily zatížení/distribuci provozu a provozním podmínkám. Satelitní složka může zvýšit pokrytí, spolehlivost a odolnost. Tabulka 1 porovnává možné služby D2D založené na MSS nebo pozemních pásmech⁴⁷.

⁴⁶ Další podrobnosti lze nalézt v bílé knize GSOA o nových satelitních technologiích pro transformační konektivitu, https://gsoasatellite.com/reports_and_studies/new-satellite-technologies-for-transformative-connectivity/.

⁴⁷ Skupina RSPG připravuje stanovisko k politickému přístupu na úrovni EU k využívání satelitního připojení přímo k zařízení a k souvisejícím otázkám jednotného trhu.

Tabulka 1: D2D v pásmech MSS a pozemních pásmech (zdroj: GSOA⁴⁸)

D2D v pásmech MSS	D2D v pozemních pásmech
<ul style="list-style-type: none"> • Využívá spektrum přidělené mobilní satelitní službě • Využívá specifikace 3GPP Release 17 NTN • Nevyžaduje žádné další regulační opatření, pokud je povolen MSS • Podpora pásem L a S a Ka- Ku v budoucí verzi • Další studie o přidělování spektra MSS v bodech 1.12 a 1.14 programu WRC-27 <p><u>Výzvy:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Potřebuje, aby výrobci mobilních čipových sad zahrnuli tato pásma 3GPP. 	<ul style="list-style-type: none"> • Využívá pozemní spektrum (pásma IMT) • Vyžaduje partnerství s MNO • Doplnuje stávající mobilní pokrytí • Lze používat běžně dostupné mobilní telefony • Pásma IMT <3GHz <p><u>Výzvy:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Řízení rušení mezi MNO a satelitním operátorem • Regulační překážky (ITU RR 4.4) • Studie koexistence v rámci bodu 1.13 programu WRC-27

⁴⁸ Budoucnost satelitního připojení: Různé přístupy ke službám Direct-to-Device:
<https://gsoasatellite.com/wp-content/uploads/GSOA-D2D-Paper-Aug-24.pdf>

7 Úloha povolovacího režimu

7.1 Technologická neutralita

Technologická neutralita zůstává klíčová i pro budoucí přístup ke spektru ECS. V Evropě tento přístup vytvořil regulační základ pro zavedení sdílení v rámci MNO a vedl k tomu, že 5G je nejrychleji zaváděnou novou generací mobilních sítí. Stávající síťové struktury mohly být snadno modernizovány na novou generaci bez omezení nebo jen s malým omezením stávajícího pokrytí a využití. Pro vizi 6G je zásadní technologicky neutrální přístup, který umožňuje MNO rychle uspokojit poptávku trhu v rámci veřejných sítí a modernizaci využití na trzích pro vertikální sítě.

7.2 Vnitrostátní povolení

Základem atraktivního tržního prostředí je harmonizovaný přístup k přístupu ke spektru. Povolení v současném evropském rámci je doménou jednotlivých států, protože potřeby a požadovaná řešení se liší a neexistuje univerzální strategie pro všechny členské státy EU.

7.3 Rozměr jednotného trhu

Jak je uvedeno ve stanovisku RSPG na téma Jak zvládnout potřeby evropské digitální infrastruktury?⁴⁹, harmonizace spektra v EU je klíčovým faktorem jednotného trhu, který umožňuje vstup na trh a šíření různých tržních strategií. Rovněž se uvádí, že při přípravě budoucích plánů na zavádění 6G v EU, jehož spuštění se očekává kolem roku 2030, by měla být zachována flexibilita. Je třeba náležitě zvážit, aby se maximalizoval přínos opatření. Tato opatření zahrnují posouzení a přizpůsobení se národním požadavkům, podporu hospodářské soutěže a přizpůsobení se specifickým národním trhům, jako je geografická a demografická situace. To vše při zachování důrazu na včasné zpřístupnění spektra, aby bylo možné uspokojit budoucí potřeby v EU a podpořit rozvoj evropské konkurenceschopnosti.

Harmonizované spektrum rovněž podporuje jednotný trh tím, že vytváří základ pro masový trh síťových a koncových zařízení.

Vnitrostátní kmitočtová a licenční politika má zásadní vliv na cenu, kvalitu a dostupnost komunikačních služeb. Je důležité, aby rozhodnutí o právech na užívání frekvencí a jejich podrobných podmínkách, jako jsou licenční řízení a podmínky síťových licencí, byla i nadále přijímána na vnitrostátní úrovni. Vzhledem k rozdílům v tržní situaci, zeměpisné poloze a sociální struktuře členských států mají vnitrostátní orgány nejlepší kompetence a odborné znalosti, pokud jde o potřeby, potenciální problémy a možná řešení na jednotlivých trzích. Spíše než zavádění přísnější regulace rádiových frekvencí je cílem

⁴⁹ RSPG24-019: Stanovisko k tématu Jak zvládnout potřeby evropské digitální infrastruktury?, [https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/15789389-828c-4a55-a397-f2338fa2125b_en?filename=RSPG24-019final-RSPG Opinion on how to master Europes digital infrastructure needs.pdf](https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/15789389-828c-4a55-a397-f2338fa2125b_en?filename=RSPG24-019final-RSPG%20Opinion%20on%20how%20to%20master%20Europes%20digital%20infrastructure%20needs.pdf)

v EU by se mělo zaměřit na účinnější využívání frekvencí v stávajících regulačních nástrojů a struktur.

7.4 Použití osvobozené od licence

V závislosti na použitém frekvenčním rozsahu, případu použití a dalších požadavcích může být použití bez licence první volbou a/nebo doplňkovým řešením k licencovanému použití spektra.

Podle výzkumných a vývojových aktivit představuje bezlicenční využívání spektra celkově menší překážku pro provoz koncových uživatelů a malých nebo soukromých sítí. Čím vyšší je frekvenční rozsah, tím větší šířka pásma je obvykle k dispozici a může dosahovat až několika přílehlých GHz na sub-THz frekvencích. Vzhledem k fyzikálním omezením při šíření rádiových frekvencí však budou sub-THz zaměřeny na vysoce lokalizované případy použití. V důsledku toho se minimalizuje potřeba celostátního licencování spektra v sub-THz pásmu. V sub-THz pásmu může být vhodnější regulační rámec osvobozený od licencí.

Technologie osvobozené od licencí se nadále vyvíjejí a budou hrát v 6G řadu důležitých rolí. Jedním z důležitých případů použití je přenášení mobilního provozu 6G do sítí osvobozených od licence (např. Wi-Fi). Spektrum osvobozené od licencí podporuje řadu případů použití, jako jsou bezdrátové širokopásmové sítě a aplikace internetu věcí.

Zpráva "Budoucnost evropské konkurenceschopnosti" (tzv. Draghiho zpráva) navrhuje posoudit potřeby bezlicenčního spektra. To by mohlo zahrnovat podporu sbližování různých sítí využívajících různá frekvenční pásma, se zvláštním zaměřením na integraci řešení, která by zajistila bezproblémové propojení mobilních a pevných sítí.

8 Podněty z výzkumu a vývoje

Vstupy z výzkumu a vývoje pocházejí především z vlajkového projektu EU 6G Hexa-X II a finského projektu 6G Flagship.

8.1 Vstupní informace o výzvěch v oblasti spektra očekávaných pro případy použití 6G

Tržní struktury se vyvíjejí a místní sítě 5G se staly realitou.

Konkurence o vzácný zdroj spektra je mezi různými bezdrátovými službami stále intenzivní a pro 6G nejsou k dispozici žádná "čistá" frekvenční pásma. Sdílení spektra je v éře 6G nutností ještě více než v éře 5G.

Tradiční odhady požadavků na spektrum poskytovaly především souhrnné údaje o spektru potřebném pro mobilní komunikační systémy, jejichž cílem bylo odůvodnit nové přidělení spektra na základě předpokládaných služeb, technologií a nasazení. Tyto odhady však přesně neodrážejí předpokládané budoucí potřeby skutečných zúčastněných stran v oblasti spektra.

S 5G vzrostla složitost správy spektra, která zahrnuje různá frekvenční pásma a přístupové modely. Vedle sebe existují administrativní přidělování, tržní mechanismy a nelicencované společné zdroje. Totéž bude pokračovat i v 6G. Různé technologie, modely přístupu ke spektru a případy použití budou i nadále vhodnější pro konkrétní frekvenční pásma.

8.2 Podněty cílům 6G pro využití spektra⁵⁰

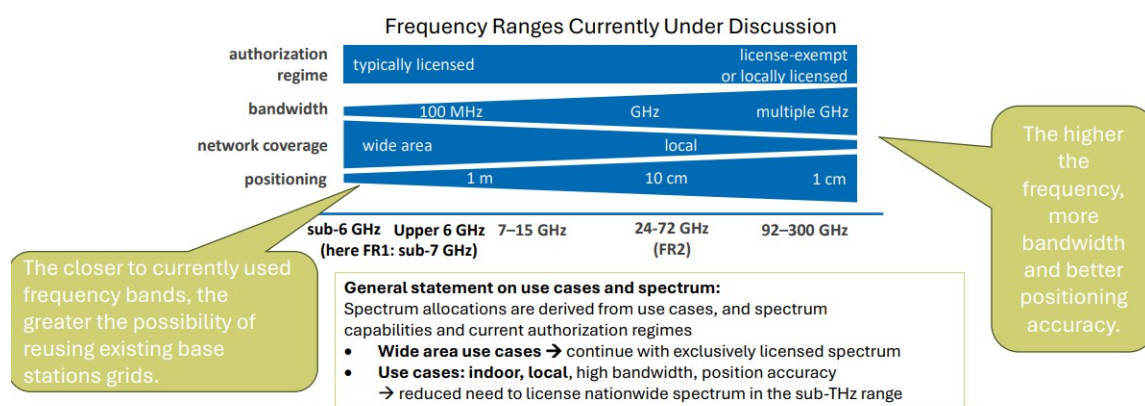
Cíle pro využití spektra 6G jsou následující:

- Zajistit další kapacitu: Zlepšení stávající mobilní komunikace poskytnutím větší kapacity při opětovném využití stávající sítě základnových stanic, což snižuje náklady operátorů na identifikaci, pořízení a rozmístění dalších základnových stanic.
- Podpora služeb s vysokou přenosovou rychlostí: Nové služby, jako je rozšířená realita (XR) a holografická přítomnost, vyžadují větší šířku pásma, kterou je obvykle snazší najít ve středních a vysokých frekvenčních pásmech.
- Podpora mobility: Většina aplikací mobilní komunikace vyžaduje mobilitu. Požadavky na mobilitu mohou být kombinovány s požadavky na vysoké přenosové rychlosti. V důsledku toho musí spektrum podporovat vysoké rychlosti přenosu dat a nepřetržité pokrytí potřebné pro mobilitu.
- Podpora plošného pokrytí: Zajištění 6G pro všechny znamená, že 6G je dostupné všude. Pro plošné pokrytí jsou vhodnější nižší frekvenční pásma. Kromě toho mohou být mimozemské sítě doplňkem k celoplošnému pokrytí, které poskytují pozemní sítě v řídké osídlených a nedostatečně osídlených oblastech.

⁵⁰ Hexa-X-II, D1.1, Environmentální, sociální a ekonomické faktory a cíle pro 6G: https://hexa-x-ii.eu/wp-content/uploads/2023/07/Hexa-X-II_D1.1_final-website.pdf

- Zajistíte vnitřní pokrytí: Zvyšující se objemy mobilních dat uvnitř budov lze podpořit 1) pokrytím z venkovních základnových stanic v nízkých a středních frekvenčních pásmech a/nebo 2) pokrytím z vnitřních budov pomocí vnitřních rádiových řešení ve vyšších frekvenčních pásmech s ohledem na omezení šíření na vyšších frekvencích.
- Kontinuita služeb: Bezproblémové pokračování konektivity, která se pohybuje např. mezi venkovním a vnitřním prostředím, městem a venkovem, soukromým a veřejným prostorem.
- Povolení polohování a snímání: Obecně platí, že vyšší frekvenční rozsahy znamenají přesnější polohování a snímání.

Na obrázku 5 jsou znázorněna frekvenční pásma, o nichž se v současné době diskutuje na mezinárodní úrovni pro 6G



Spectrum affects the 6G radio and network design, which again depends on the foreseen use cases.

Obrázek 5: Frekvenční rozsahy, o nichž se v současnosti diskutuje na mezinárodní úrovni ⁵¹

8.3 Podněty k případům použití pro 6G

Důležitým modelem zavádění budou místní sítě 6G, které se opírají o přístup ke spektru. Místní sítě 6G mohou být veřejné nebo soukromé a mohou je zavádět různé zúčastněné strany s využitím různých možností přístupu ke spektru, jehož dostupnost se v jednotlivých zemích liší.

Sítě pro vertikální aplikace mohou, ale nemusí být místní. Pro všechny není dostatek spektra, aby mohli vybudovat samostatně vertikálně specifické systémy pro všechny vertikály, což vyžaduje sdílení na více frontách, včetně virtuálních sítí prostřednictvím network slicing.

Poskytování služeb lidem bez připojení je stále výzvou. Zpřístupnění spektra tam, kde a kdy není využíváno stávajícími držiteli práv na využívání spektra, stále není realitou.

⁵¹ Dřívější verze je uvedena v dokumentu Hexa-X-II, D1.1, Environmentální, sociální a ekonomické faktory a cíle pro 6G: https://hexa-x-ii.eu/wp-content/uploads/2023/07/Hexa-X-II_D1.1_final-website.pdf.

8.4 Vstupní informace o důsledcích případů použití pro spektrum

Nasazení případů použití v konkrétních frekvenčních pásmech závisí na technických a netechnických aspektech, jako je dostupnost licencí. Pro dosažení spolehlivého celostátního pokrytí, které je důležité zejména pro reprezentativní mobilitu s podporou sítě a všudypřítomné případy použití sítě, je nezbytné nízkopásmové spektrum, nejlépe pod 1 GHz. V řídké a nedostatečně osídlených oblastech jej lze doplnit systémy pro nepozemní síť (NTN).

Vzhledem k tomu, že dosažitelná rychlost přenosu dat a kapacita v nízkofrekvenčních pásmech je omezená, je podle zúčastněných stran zapotřebí vyšších frekvenčních pásem (pod 7 GHz), včetně horního pásma 6 GHz, jakož i nových pásem v rozmezí 7-15 GHz, která by dosáhla potřebné kapacity pro stávající i nové případy použití, například v městském a příměstském prostředí. Čím nižší frekvence v pásmu 7-15 GHz, tím lépe (např. 7/8 GHz). Pro případy použití v uzavřených oblastech, jako jsou spolupracující mobilní roboti a služby zaměřené na člověka, by se mohlo použít nasazení malých buněk. Kromě toho lze pro splnění ještě vyšších požadavků na rychlost přenosu dat a kapacitu, avšak s omezeným pokrytím, využít spektrum v rozsahu 24-72 GHz nebo lokální nasazení sub-THz, které se stále zkoumá.

8.5 Vstupní informace zúčastněných stranách, rolích a motivacích v ekosystému spektra 6G

Ekosystém 6G může zahrnovat tyto zúčastněné strany.

- MNO: Očekává se, že 6G bude nasazeno ve stejných frekvenčních pásmech jako předchozí generace doplněné o další spektrum. Celostátního plošného pokrytí lze dosáhnout s využitím preferovaného subGHz (pod 1 GHz) spektra, zatímco spektrum v rozsahu 1-6 GHz i další pásma (např. horních 6 GHz a 7/8 GHz (nebo jejich části)) lze využít pro pokrytí a kapacitu a lze znovu využít stávající síť základnových stanic.
- Zúčastněné strany zavádějící soukromé síť a síť pro zvláštní účely: Veřejné síť integrované s neveřejnými sítěmi (PNI-NPN) mohou sdílet rádiovou přístupovou síť (RAN) a spektrum s veřejnou sítí. Samostatné neveřejné síť (S-NPN) jsou často nasazovány ve vyhrazeném spektru (např. 3,8-4,2 GHz).
- Dodavatelé sítí, softwaru a/nebo systémoví integrátoři: Očekává se, že budou vyhovovat různým nasazením sítě (např. "globálním" nebo místním) a různým modelům operátorů, které se mohou objevit.
- Výrobci zařízení pro koncové uživatele: Zařízení budou pravděpodobně zahrnovat množství bezdrátových technologií. Regionální a globální harmonizace bude pro ekosystém 6G přínosem, protože rozsah bude větší, což sníží náklady.
- Stávající uživatelé: V potenciálních nových frekvenčních pásmech plánovaných pro 6G existuje celá řada primárních služeb zavedených operátorů, které bude třeba odpovídajícím způsobem zohlednit.
- Regulační orgány: Regulatoři: Umožňují vznik trhu 6G tím, že zpřístupňují spektrum pro 6G a přidělují přístupová práva ke spektru.

- Majitelé budov: Vnitřní síť: hnací síly pro požadavky na pokrytí vnitřních prostor a potenciální investoři pro vnitřní síťová řešení, která jsou zase spojena s nasazenými frekvenčními rozsahy a mechanismy přístupu ke spektru.
- Neutrální hostitelé: Budují a provozují (vnitřní) rádiové sítě a kapacitu provozovatelům sítí. Volba nasazení ovlivňuje využití spektra.

8.6 Vstupní informace o možnostech přístupu ke spektru pro zúčastněné strany za účelem zřízení místních sítí 5G/6G

Pro zúčastněné strany, které si přejí využívat spektrum k vytvoření místních sítí, lze předpokládat různá řešení:

- Místní síť může nasadit ve svých frekvenčních pásmech: Zúčastněné strany jsou klienty MNO a mohou od MNO požadovat poskytování služeb v místních oblastech podle svých potřeb.
- Místní licence na spektrum od národního regulačního orgánu (NRA) pro různé zúčastněné strany (včetně MNO): V závislosti na dostupnosti spektra v místním prostředí může vnitrostátní regulační orgán vydávat licence na spektrum přímo zúčastněným stranám, které mají zájem zřídit místní síť, nebo provozovatelům mobilních sítí, kteří se mohou ujmout zřízení místních sítí podle potřeb zúčastněných stran. Práva na užívání může NRA přidělovat ve frekvenčních pásmech, která jsou uvolněna z užívání zavedenými operátory, a také ve frekvenčních pásmech, která jsou využívána MNO nebo jinými zavedenými uživateli spektra, kde může NRA na místní úrovni udělovat další licence.
- Místní přístupová práva ke spektru získaná od stávajících uživatelů spektra: Zúčastněné strany mohou získat nebo získat přístup ke spektru ve stávajících (nebo potenciálně nových) pásmech, kde MNO nebo jiní stávající uživatelé vlastní přístupová práva ke spektru.
- Místní přístupová práva ke spektru udělená třetí stranou: Zúčastněné strany mohou využívat frekvenční pásma se stávajícími uživateli spektra nebo bez nich s využitím funkce zprostředkovatele spektra⁽⁵²⁾.
- Nelicencovaný přístup: Zúčastněné strany mohou pro budování svých sítí využít stávající nelicencovaná pásma (např. 2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz, 60 GHz) nebo případná nová nelicencovaná pásma v éře 6G.

Pro realizaci výše uvedených scénářů lze identifikovat následující případy:

- zúčastněná strana, která působí jako klient MNO, může využívat know-how MNO, aniž by musela mít odborné znalosti pro budování, ladění a provozování sítě 5G/6G, protože se může spolehnout na služby nabízené MNO. V oblastech, kde byla nasazena 5G SA, může zúčastněná strana vyjednat s MNO určité hodnoty QoS podle svých provozních potřeb.
- zainteresovaná strana, která získá přístup k místnímu spektru a nemá personál vyškolený pro budování a provozování sítě 5G/6G, se musí obrátit na

⁵² Zprostředkovatelé spektra nemají vlastní zdroje spektra, ale sdružují nevyužitě spektrum od operátorů nebo zavedených uživatelů.

třetí strana s příslušnými odbornými znalostmi (může to být výrobce, systémový integrátor nebo MNO).

- zúčastněná strana, která získá přístup k místnímu spektru a má personál vyškolený k budování a provozování sítě 5G/6G, tak může učinit bez pomoci třetí strany.

Přístupy členských států ke zpřístupnění různých možností přístupu ke spektru jsou značně roztržité.

8.7 Vstupní informace o připravenosti na spuštění 6G v roce 2030 pro masový trh služeb a zařízení

Klíčové je pokrytí. Vnitřní pokrytí, stejně jako pokrytí vzdálených a venkovských oblastí, představuje výzvu a mělo by být prioritou v éře 6G, jak je zdůrazněno v práci ITU-R IMT-2030. Využívají se pro ně různá technologická a regulační řešení.

Vzhledem k tomu, že budoucí služby a vývoj technologií se stále zkoumají, je předpověď kapacitních potřeb pro případy použití a scénáře využití 6G v roce 2030 značně nejistá.

Technologický vývoj, který zvyšuje účinnost, může snížit skutečné požadavky na kapacitu. Zejména úloha edge computingu a zvyšující se výpočetní výkon koncových zařízení sníží množství dat, která je třeba přenášet. To je třeba zohlednit v potřebách spektra.

Různé časy uvedení v různých zemích nejsou skutečným problémem. Oznámení jsou často marketingová. Řazení zemí s předstihem podle data uvedení na trh, které se pohybuje v řádu týdnů nebo měsíců, je irelevantní. Ani řazení zemí podle nejvíce spotřebovaných celkových mobilních dat není relevantní (a není udržitelné). Důležité je zpřístupnění stejných frekvenčních pásem v různých evropských zemích za účelem dosažení úspor z rozsahu (např. při udělování místních licencí). Výzkumníci by také potřebovali konkrétní frekvenční pásma, na která by se zaměřili při svém výzkumu.

Rostoucí úloha sdílení spektra vyžaduje pochopení toho, co sdílení spektra znamená a jaké má důsledky pro technologie, regulaci a trhy, což je stále výzvou.

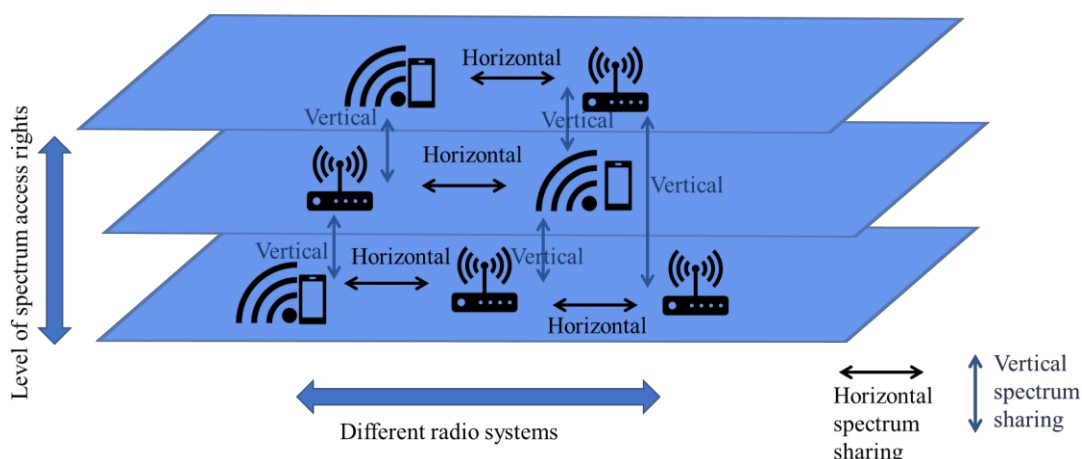
8.8 Příspěvek ke sdílení spektra

Sdílením spektra se rozumí situace, kdy dva nebo více rádiových systémů stejné frekvenční pásmo⁵³. Navzdory desetiletím aktivního výzkumu a vývoje však v Evropě neexistují žádné společně dohodnuté přístupy.

Vertikální sdílení spektra nastává, když rádiový systém s nižší úrovní práv na využívání spektra sdílí pásmo spektra s rádiovým systémem (rádiovými systémy) s vyššími právy na využívání spektra.

Horizontální sdílení spektra probíhá mezi rádiovými systémy stejné úrovní práv na využívání spektra.

⁵³ Zpráva ITU-R M.2330-0. Kognitivní rádiové systémy ve vnitrozemské pohyblivé službě: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2330-2014-PDF-E.pdf



Obrázek 6: Vertikální a horizontální sdílení spektra

Vertikální a horizontální sdílení spektra se vzájemně nevylučují a v reálných situacích sdílení se vyskytují obě (viz obrázek 6)⁽⁵⁴⁾.

Klíčovou roli v rozvoji 6G bude hrát sdílení spektra, a to jak vertikální sdílení mezi vstupujícími účastníky 6G a ostatními zavedenými operátory, tak horizontální sdílení mezi několika místními sítěmi. Sdílení spektra s ohledem na specifika bezdrátových technologií a nasazení systémů v pásmech může umožnit zejména místní sdílení s pokročilými možnostmi řízení rušení.

Technologické inovace pro sdílení spektra se budou rychle zlepšovat se zaváděním technik řízení rušení řízených umělou inteligencí a zvyšujícími se možnostmi zpracování. Dopad umělé inteligence na správu spektra v roce 2030 není ve stávajícím regulačním rámci zohledněn. Flexibilitu, kterou AI poskytuje pro vyvážení potřeb a nabídky zdrojů spektra v rámci více systémů na místní úrovni, nelze v rámci stávajícího statického regulačního rámce využít.

8.9 Podněty k úloze spektra osvobozeného od licencí

Bezdrátové technologie provozované ve spektru osvobozeném od licencí jsou již po desetiletí hřištěm pro inovace a experimenty. Úloha technologií provozovaných v režimu přístupu k bezlicenčnímu spektru je významná pro poskytování širokopásmového připojení uvnitř budov.

Důležité je pochopit a přijmout roli různých bezdrátových technologií bez předsudků, zejména v souvislosti s používáním uvnitř budov. Koncoví uživatelé používají různé bezdrátové technologie v různých frekvenčních pásmech v rámci různých modelů přístupu ke spektru, aniž by si toho všimli nebo aniž by bylo nutné si toho všimnout. Zbytečné konfrontace zaměřené na zájmy WiFi/3GPP/satelitů nepomáhají při podpoře digitalizace společností, ale naopak vytvářejí překážky.

Zásady bezlicenčního využívání spektra jsou otevřené různým technologiím, včetně 5G/6G.

⁵⁴ Marja Matinmikko-Blue, Seppo Yrjölä a Petri Ahokangas: Spectrum Management for Local Mobile Communication Networks, IEEE Communications Magazine - July 2023: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10049305>

8.10 Příspěvek k úloze neterestrických sítí (NTN)

Očekává se, že propojení pozemní sítě IMT-2030 (6G) s nepozemními sítěmi (NTN), včetně družicové komunikace, stanic na výškových plošinách jako základnových stanic 6G (HIBS), zlepši dosažení požadovaných cílů v oblasti konektivity ve⁵⁵.

Očekává se, že IMT-2030 (6G) bude podporovat kontinuitu služeb a poskytovat uživatelům flexibilitu prostřednictvím úzké spolupráce s implementacemi jiných než pozemních sítí, stávajícími systémy IMT a dalšími přístupovými systémy, které nejsou IMT⁴⁹.

Scénáře nasazení, kdy je zařízení koncového uživatele nebo základnové stanice namontováno na objektech pohybujících se nad úrovní terénu, vedou k různým a náročným scénářům rušení v závislosti na bezdrátových systémech využívajících konkrétní pásmo. Studie sdílení a techniky potřebné k řízení výsledného rušení jsou předmětem zkoumání výzkumné komunity.

8.11 Vstupní informace o úloze konvergence sítě

Vzhledem k budoucímu zatížení zdrojů spektra různými systémy, vysokému podílu datového provozu spotřebovávaného uvnitř budov a s přihlédnutím k tomu, že s použitím vyšších frekvencí se zvyšují ztráty při průniku do vnitřních budov, což výrazně snižuje spektrální účinnost, je pro 6G nezbytné prozkoumat další mechanismy, které sníží závislost venkovní makrosítě na spektru pro provoz uvnitř budov.

Konvergence sítí mimo 3GPP a 3GPP představuje zajímavou příležitost, jak zúročit silné stránky různých technologií a kombinací jejich nejlepších vlastností vytvořit jednotnou síť, která uživatelům poskytne vynikající zážitek.

8.12 Podněty k udržitelnosti

Udržitelný rozvoj znamená "rozvoj, který uspokojuje potřeby současnosti, aniž by ohrožoval schopnost budoucích generací uspokojovat své vlastní potřeby" (Brundtlandova zpráva 1987⁵⁶).

Je důležité pochopit různé perspektivy udržitelnosti, které jsou vzájemně propojené, a uvést omezení, pokud se zaměříme na určitou perspektivu:

- Environmentální, sociální a ekonomická udržitelnost
- Udržitelné ICT a ICT pro udržitelnost
- Pozitivní a negativní dopady / otisk a stopa / přínosy a náklady
- Přístup založený na životním cyklu; přístup od konce ke konci systému

Celkovým cílem je maximalizovat pozitivní dopady na udržitelnost a minimalizovat negativní dopady.

⁵⁵ Rec. ITU-R M.2160, Rámeček a celkové cíle budoucího rozvoje IMT pro rok 2030 a dále: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2160-0-202311-I!!PDF-E.pdf

⁵⁶Zpráva Světové komise pro životní prostředí a rozvoj: poznámka / generální tajemník <https://digitallibrary.un.org/record/139811?v=pdf>

Dnešní diskuse o udržitelnosti se zaměřují na energetickou účinnost, která je ukazatelem environmentální udržitelnosti udržitelných informačních a komunikačních technologií a poměrem výstupu a vstupu. Nejedná se o absolutní měřítko. Zlepšení energetické účinnosti nevede přímo ke snížení spotřeby energie. Snížení spotřeby energie je cílem environmentální udržitelnosti udržitelných ICT.

Udržitelnost je průřezovou prioritou, která musí proniknout do různých tematických okruhů, včetně správy spektra, s ohledem na environmentální, sociální a ekonomickou udržitelnost.

Příklady environmentální udržitelnosti:

- Možnosti zařízení se zvyšují, což má dopad na využívání spektra. Zpracování dat lokálně v zařízení koncového uživatele nebo na okraji sítě mění způsob, jakým budou v budoucnu probíhat datové toky. V rámci myšlenky udržitelnosti je cílem minimalizovat přenášená data a přenášet pouze to, co je potřeba. Celkové množství spotřebovaných dat není udržitelné.
- Vysoké energetické účinnosti na bit lze dosáhnout pouze při extrémně vysokých rychlostech přenosu dat, které vyžadují velkou šířku pásma. Měly by být podporovány pouze případy použití, které ji budou potřebovat a mohou využít.
- Výběr komunikačních řešení, která mají nejmenší dopad na životní prostředí, jakmile jsou tyto informace k dispozici.

Sociální udržitelnost: Digitální začlenění - cenově dostupný přístup k digitálním službám.

Ekonomická udržitelnost: přiměřené aukční ceny, které umožňují investice do sítí.

Akademická otázka pro regulační orgány: Jak zapadají dlouhodobé exkluzivní licence na spektrum bez povinnosti sdílet nevyužité spektrum do nového rámce udržitelné správy spektra?

8.13 Důsledky pro bezpečnost a odolnost

Politika v oblasti spektra je pro vlády nástrojem k zajištění národní bezpečnosti, ochrany údajů spotřebitelů a odolnosti proti kybernetickým útokům, neboť při udělování přístupových práv ke spektru pro zavádění systémů ukládá zúčastněným stranám omezení a požadavky na řešení bezpečnosti. Patří mezi ně zákaz technologií pocházejících z některých zemí, bezpečnostní audity, certifikace, standardizované přístupy, povinné bezpečnostní aktualizace atd. ⁽⁵⁷⁾.

Místní sítě 5G/6G představují nový model zavádění, který přináší bezpečnostní výzvy, jako je například důvěra, že všichni nově vznikající místní operátoři jsou legitimními hráči. Tuto situaci může řešit politika spektra prostřednictvím místních licenčních podmínek.

Bezpečnostní technologie by neměly výrazně ovlivnit spektrální účinnost přenosu. Závažné útoky typu "denial of service" však mohou krátkodobě ovlivnit výkonnost sítě a snížit spektrální účinnost.

⁵⁷ M. Ylianttila, R. Kantola, A. Gurtov, L. Mucchi & I. Oppermann (Eds.). (2020). Bílá kniha 6G: Research Challenges For Trust, Security And Privacy (Výzvy pro výzkum důvěry, bezpečnosti a soukromí). (Vize výzkumu 6G, č. 9). University Oulu. <http://urn.fi/urn:isbn:9789526226804>

Některé evropské země plánují postupně ukončit používání systému TETRA (Terrestrial Trunked Radio) pro uživatelské organizace, jako je policie, záchranné služby, státní správa, hraniční kontrola a armáda. Místo toho se budou spoléhat buď na kombinovaný přístup využívající síť PPDR (Public Protection and Disaster Relief) a komerční síť, nebo výhradně na komerční síť 4G a 5G. V důsledku toho je pro zajištění bezpečnosti a spolehlivosti komunikace pro kritické služby zásadní zavést opatření, která přesahují možnosti současných mobilních sítí. Při tomto vývoji je zásadní zabudování bezpečnosti a otevřenost principů návrhu zabezpečení, jakož i zohlednění již známých zranitelností. Tento přechod vyžaduje nová návrhová paradigmatata zaměřená na odolné rámce podle návrhu pro 6G a další. Takové plánování se musí zabývat více časovými měřítky a zaměřit se jak na okamžité potřeby, tak na dlouhodobé strategie.

Odolnost v ekonomice 6G v reálném čase je klíčovým průřezovým tématem pro udržení nepřerušného provozu, zmírnění rizik a přizpůsobení se narušením a vyžaduje budování opatření využívajících redundanci, odolnost vůči poruchám a zmírnění dopadů. Pro odolnost je relevantních mnoho z dříve diskutovaných témat (NTN, připojení vzdálených oblastí atd.). Politika spektra je nástrojem pro kladení požadavků v licenčních podmínkách.

9 Podněty od výrobců zařízení, provozovatelů a vertikálních trhů

9.1 Klíčové body od výrobců zařízení

Od Globální asociace dodavatelů mobilních zařízení (GSA) jsme obdrželi následující klíčové body:

- Výzkum a nasazení: Výzkum 6G se celosvětově zrychluje. Specifikace IMT-2030/6G mají být dokončeny do roku 2030 pracovní skupina ITU-R 5D ve spolupráci s externími organizacemi, jako je 3GPP). Pro první nasazení 6G se očekává komercializace kolem roku 2030.
- Potřeby spektra: 6G bude potřebovat kombinaci různých frekvenčních rozsahů, aby splnila požadavky na pokrytí a zvýšenou kapacitu a sloužila novým případům použití. GSA odhaduje, že k realizaci očekávaných případů použití 6G je zapotřebí dalších 500-750 MHz širokého spektra na síť. Pro počáteční nasazení 6G by bylo zapotřebí menší množství spektra, ale nejméně 200 MHz potřebného dodatečného širokého spektra na síť. V éře 6G bude i nadále v centru pozornosti širokouhlé spektrum, které umožní realizovat případy použití 6G v interiéru, exteriéru a na cestách prostřednictvím nákladově efektivního nasazení s opětovným využitím stávající sítě. RSPG by měla usnadnit nasazení plného výkonu základnových stanic pro makra v horním pásmu 6 GHz (6425-7125 MHz) pro 5GA a budoucí 6G, stejně jako zahrnout spektrum v rozsahu 7125-8400 MHz (dále než 7125-7250 MHz) jako součást plánu 6G. GSA rovněž navrhuje zahrnout UHF, aby bylo zajištěno všudypřítomné pokrytí a digitální rovnost.
- Harmonizace a udělování licencí: Licencované spektrum je nezbytné pro zajištění spolehlivosti, bezpečnosti a kvality služeb v 6G, včetně kritických komunikací, jako jsou autonomní systémy, umělá inteligence a digitální dvojčata. 6G bude vyžadovat vyšší kapacitu, velmi nízkou latenci a bezproblémovou globální interoperabilitu, které lze dosáhnout pouze s odpovídajícím přístupem k harmonizovanému licencovanému spektru.
- Načasování: GSA vyzývá skupinu RSPG, aby prosazovala podobné časové rámce pro dostupnost spektra ve všech členských státech EU, aby se zabránilo roztržitosti spektra a zajistil jednotný trh pro technologie 6G, a ráda by zdůraznila, že taková harmonizace je nezbytná pro úspory z rozsahu, přeshraniční interoperabilitu a konkurenceschopnost evropského průmyslu.

Normalizace, harmonizace a regulace: Vzhledem k tomu, že výzkum a standardizace IMT-2030/6G stále probíhá, mohlo by se do tohoto procesu promítnout sdílení a koexistence s jinými rádiovými službami. Globální/regionální harmonizace (spektrum, normy, časování atd.) zůstává kritická. Pro 6G budou zapotřebí nová pásma, což by bylo přínosné.

9.2 Klíčové body od provozovatelů

Od provozovatelů mobilních sítí jsme obdrželi následující klíčové body:

- Poptávka po mobilních pásmech je v politice uznána, ale dosud nebyl přijat jasný závazek spektrum. Evropa usiluje o dosažení nejlepšího stavu ve své třídě

mobilních sítí je pro dosažení tohoto cíle klíčové vhodné spektrum ve středním pásmu. Evropa nemá jasnou pozici pro využití horních 6 GHz pro WBB ECS. Evropa se na konferenci WRC-27 postavila proti dalšímu spektru IMT. To ohrožuje včasnou dostupnost vhodných zdrojů pro 5G a hrozí zavedení 6G.

- Operátoři uvádějí, že potřeba spektra v horním pásmu 6 GHz by pro každého operátora činila 200 MHz za podmínek, které umožňují nasazení se standardními úrovněmi výkonu základnových stanic pro makra. Spektrum ve středním pásmu poskytující širší kanály alespoň 200 MHz pro každého operátora, např. v pásmu 6 GHz, je klíčové pro zajištění plnohodnotného 5G SA jako základu pro zavedení 6G a pro dosažení národních a mezinárodních cílů digitalizace.
- 6G bude spíše evolucí než revolucí. Terminologie založená na generaci podporuje mylné představy a v budoucnu může být pro uživatele méně relevantní.
- Budoucí případy použití by se měly řídit hodnotou a udržitelností. Velkou hodnotu má posílení ostatních odvětví, aby mohla plnit své vlastní environmentální, společenské a ekonomické cíle. Sítě by měly podporovat růst provozu a pokrytí při minimálních nákladech a v rámci energetických a environmentálních omezení.
- V rámci 3GPP i širšího plánování se proto začne pracovat na využití širších kanálů pro 6G. Předpokládá se využití kanálů 200 MHz a případně až 400 MHz. Vývojová cesta ke kanálům 400 MHz může mít podobu využití agregovaných kanálů 2x200 MHz nebo jednoho kanálu 400 MHz, ale zpočátku bude v Evropě i jinde kladen důraz na 200 MHz pro zavádění 6G.
- Jelikož se jedná o jedinou reálnou možnost, jak spustit 6G v Evropě na tohoto desetiletí, je pro EU zásadní zpřístupnit plný výkon horního pásma 6 GHz. V dlouhodobějším horizontu by se mohlo uvažovat o využití části přilehlého spektra v pásmu 7-8 GHz (v rámci studie pro WRC-27) pro potřeby rozvinutého 6G.
- Zatímco spektrum ve středním pásmu 6 GHz bude klíčové pro nákladově efektivní řešení kapacity sítě a zavádění služeb 6G v městských oblastech a oblastech s vysokou poptávkou, bude v 6G hrát roli i spektrum v nízkých pásmech. Pásmo (470-698 MHz) bude důležité pro poskytování 6G v širších a řídko osídlených oblastech podporujících digitální rovnost.
- Spektrum v pásmech mmWave nemůže nahradit střední pásma pro nákladově efektivní poskytování plošného pokrytí a kapacity ve městech a dalších oblastech, ale může sloužit pro velmi vysoké kapacitní potřeby v lokalizovaných oblastech (např. inteligentní továrny, velmi rychlý pevný bezdrátový přístup, stadiony).

9.3 Klíčové body z vertikálních trhů

Operátoři mají příjmy z prodeje telekomunikačních služeb, zatímco vertikální společnosti mají příjmy z prodeje netelekomunikačních výrobků a služeb - např. energie, vody, dopravy, průmyslových výrobků atd. Nekomerční vertikální odvětví, jako je veřejná bezpečnost, využívají telekomunikace k poskytování základních služeb veřejnosti.

Tyto "vertikální" trhy mají pro své investice do telekomunikací jinou motivaci než mobilní operátoři. Vertikální hráči proto mohou na trh 6G přinést tolik potřebné kapitálové investice, které doplní investice MNO. To pomůže zaplnit investiční mezeru, která byla významným problémem při zavádění 5G.

9.4 Klíčové body od jiných organizací

Ve zbytku této zprávy jsou zohledněny různé klíčové body od jiných organizací (např. WiFi a satelitní sektor).

10 Spektrum pro spuštění 6G v EU a přípravu jeho počátečního rozvoje

Celosvětový časový plán pro rozvoj 6G stanovila ITU-R (obrázek 7)⁵⁸. Cíl pro vývoj technologie a implementaci spektra je stanoven tak, aby bylo možné spustit síť v roce 2030. Tento časový plán by měla podpořit i politika EU v oblasti spektra, aby bylo možné v EU na základě národních potřeb spustit první síť a služby 6G v roce 2030.

Pro vytvoření jednotného trhu se síťovými a koncovými zařízeními musí EU určit pásmo (pásma) spektra plánované pro spuštění 6G, přičemž se musí poučit ze strategie pro primární a průkopnická pásma 5G. Skupina RSPG proto hodlá během svého příštího pracovního období (2026-2027) vypracovat plán využití spektra 6G, aby určila, které frekvenční pásmo (pásma) by mělo být zpřístupněno pro spuštění 6G, a zároveň podpořila růst různých vertikálních trhů.

Jako vhodné kandidáty pro 6G, které je třeba dále prozkoumat při přípravě plánu využití spektra 6G, včetně příslušných pásem vhodných pro spuštění 6G a podporu růstu různých vertikálních trhů, identifikuje skupina RSPG následující možná frekvenční pásma:

- Frekvenční pásma již harmonizovaná pro ECS (WBB) podle rozhodnutí EU o spektru
 - Nízká pásma: 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz
 - Střední pásma: 1500 MHz⁵⁹ ⁶⁰, 1800 MHz, párové pozemní 2 GHz, 2,6 GHz, 3,6 GHz
 - Vysoká pásma: 26 GHz, 42 GHz
- Frekvenční pásmo 3,8-4,2 GHz pro místní síť s nízkým/středním výkonem (v rámci harmonizace)
- Kmitočty 6425-7125 MHz jsou již na mezinárodní úrovni určeny pro IMT a používají se také pro realizaci bezdrátových přístupových systémů (WAS), včetně místních rádiových sítí (RLAN). Toto pásmo je předmětem šetření RSPG ohledně jeho dlouhodobého využití⁶¹.

Skupina RSPG poznamenala, že následující kmitočtová pásma na programu WRC (WRC-27 nebo WRC-31) jsou předmětem mnoha nejistot.

⁵⁸ Rec. ITU-R M.2160, Rámec a celkové cíle budoucího rozvoje IMT pro rok 2030 a dále: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2160-0-202311-I!!PDF-E.pdf

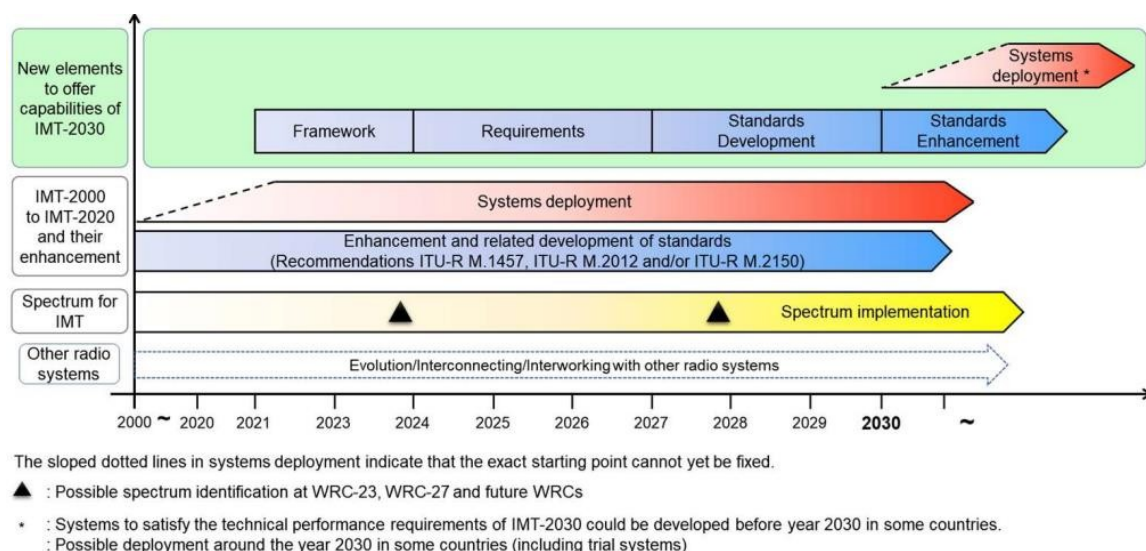
⁵⁹ ROZHODNUTÍ (EU) 2015/750 o harmonizaci kmitočtového pásma 1 452-1 492 MHz pro pozemní systémy umožňující poskytování služeb elektronických komunikací v Unii: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32015D0750>

⁶⁰ ROZHODNUTÍ (EU) 2018/661, kterým se mění prováděcí rozhodnutí (EU) 2015/750 o harmonizaci kmitočtového pásma 1 452-1 492 MHz pro pozemní systémy umožňující poskytování služeb elektronických komunikací v Unii, pokud jde o jeho rozšíření v harmonizovaných kmitočtových pásmech 1 427-1 452 MHz a 1 492-1 517 MHz: https://eur-lex.europa.eu/eli/dec_impl/2018/661/oj/eng.

⁶¹ Stanovisko RSPG dlouhodobé vizi pro horní pásmo 6 GHz, očekávané v červnu 2025 https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/d4e46670-313b-4bac-8d8d-760d92f4649b_en?filename=RSPG24-008final-RSPG_WP24_and_beyond_0.pdf

- Kmitočtová pásma, která budou zkoumána v regionu 1 na WRC-27: 4400-4800 MHz, 7125-7250 MHz a 7750-8400 MHz (nebo jejich části), 14,8-15,35 GHz. Vzhledem k evropskému strategickému využití však CEPT na WRC-23 nesouhlasil se studiem kmitočtových pásem uvedených ve WRC-27 AI 1.7 s výjimkou 7125-7250 MHz. Toto stanovisko a evropská strategická využití, která zůstávají v platnosti, budou mít vliv na všechna budoucí stanoviska, která budou vypracována pro WRC-27.
- Vysoká pásma, např. sub-THz pásma, jsou předmětem dlouhodobých studií na mezinárodní úrovni (WRC-31).
- Nízká pásma 470-698 MHz jsou předmětem studie pro WRC-31. Stávající rámec EU pro pásmo UHF⁶² však zůstává v platnosti.

Kromě aktivit RSPG na WRC-27, včetně řady bodů programu týkajících se družic, se RSPG zabývala analýzou využití družic včetně D2D. Tato analýza bude přínosem pro budoucí práci skupiny RSPG v oblasti družic a 6G, která má být řešena v plánu využití spektra 6G v reakci na žádost Evropské komise o stanovisko.



Obrázek 7: Předpokládaná perspektiva časového plánu IMT-2030

10.1 Zahušťování veřejných mobilních sítí

V této fázi se nepředpokládá, že by před rokem 2030 byla k dispozici další harmonizovaná frekvenční pásma. Aby zvládli nárůst datového provozu 5G, budou muset někteří mobilní operátoři především v nejhustěji osídlených evropských zemích zahušťovat své sítě 5G v různých harmonizovaných pásmech. Je nezbytné posoudit dopad tohoto zahušťování využití spektra během desetiletí do roku 2030, přičemž je třeba zohlednit růst trhu 5G do roku 2030, ale také jeho důsledky pro ekonomickou a environmentální udržitelnost.

Zahušťování sítí vyžaduje další základnové stanice a pasivní infrastrukturu, což může způsobit obtíže nebo zpoždění, např. v souvislosti s procesem povolování staveb. Větší pozornost by měla být věnována také vlivu na klima a životní prostředí. Zavedení

⁶² Rozhodnutí (EU) 2017/899 o využívání kmitočtového pásma 470-790 MHz v Unii: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0899>

nových frekvenčních pásem pro stávající základnové stanice má menší dopad na životní prostředí než zahušťování sítí výstavbou dalších základnových stanic.

10.2 Spektrum pro 6G pro zahajovací fázi

Pravděpodobně bude potřeba, aby 6G nabízelo pokrytí a kapacitu ve středních pásmech s tím, že 6G vyžaduje větší šířku pásma než 5G. Tato potřeba vychází z požadavků 6G obecně a případů použití 6G (viz doporučení ITU-R M.2160). tedy třeba posoudit požadavky na spektrum pro zavedení masového trhu 6G v EU vzhledem k potřebám kapacity a pokrytí, jakož i k ekologickým systémům zařízení atd.

10.2.1 Jak reagovat na potřeby spektra 6G

Vypnutí 2G nebo 3G ve frekvenčních pásmech, jako jsou 900 MHz a 1800 MHz, by mohlo vytvořit příležitosti pro případy použití 6G, které vyžadují omezenou šířku pásma, jako například masivní komunikace internetu věcí.

Spektrum středního pásma odpovídá potřebám kapacity a pokrytí pro scénáře využití pohlcující komunikace 6G. Pohlcující komunikace je vylepšením eMBB, které podporuje pokračující rozvoj obchodního modelu mobilních operátorů 5G. Kromě toho spektrum středního pásma pomáhá snižovat investiční náklady tím, že umožňuje opětovné využití stávajících základnových stanic.

V porovnání se středními mohou milimetrová pásma řešit případy využití s velmi vysokou kapacitou ve velmi hustých místních oblastech. Vzhledem k charakteristikám šíření není pokrytí velkého území pomocí milimetrových pásem ekonomicky proveditelné.

Dosažení bezproblémového připojení na velkém území pomocí milimetrových pásem by vyžadovalo značný počet základnových stanic, zejména v městských nebo příměstských oblastech. Skupina RSPG doporučila, že pásma milimetrových vln by mohla reagovat na specifické potřeby vertikálních průmyslových odvětví (např. zajištění spolehlivého pokrytí uvnitř budov).

Je nezbytné si uvědomit, že proces přezbrojení spektra musí zohlednit specifické potřeby koncových uživatelů, zejména v odvětví M2M/IoT. V těchto oblastech může výměna zařízení představovat významnější výzvu, zejména u aplikací, jako je měření, kde je zásadní nepřetržitý a spolehlivý provoz stávajících zařízení. To by mohlo vést ke zpoždění v dostupnosti spektra pro refarming.

10.2.2 Potřeba koordinovaného načasování a dalšího pásma (pásem)

Koordinované načasování spuštění služeb 6G se v současných harmonizovaných pásmech na úrovni EU nejeví jako praktické vzhledem k technologické neutralitě a plánům operátorů na přechod na vylepšené technologie. Načasování spuštění 6G bude záviset na strategii mobilních operátorů, dostupnosti zdrojů spektra a datech vypršení platnosti stávajících povolení. Další pásmo (pásma) spektra v EU by proto mohlo usnadnit koordinované načasování spuštění 6G. Touto otázkou se bude skupina RSPG pečlivě zabývat při vypracovávání plánu využití spektra 6G a při zvažování cílového data 2030.

10.2.3 Vytvoření ekosystému 6G s podporou politických iniciativ

V zájmu vytvoření společných ekosystémů zařízení v EU uznává skupina RSPG potřebu dát výrobcům zařízení pozitivní signál, aby se zaměřili na určitá frekvenční pásma pro 6G. Ve svém budoucím plánu využití spektra 6G hodlá skupina RSPG doporučit Evropské komisi frekvenční pásma, která umožní spuštění technologie 6G v roce 2030.

Skupina RSPG uznává, že v minulosti byla pro každou novou generaci mobilních telefonů určena nová pásma⁶³. Je třeba dále prozkoumat, zda by se v tom mělo pokračovat i v budoucnu.

Tento přístup, jehož cílem je podpořit rychlé zavedení nové mobilní generace v Evropě, se ukázal jako strategické politické rozhodnutí z řady důvodů, např. proto, že:

- Skupina RSPG upozorňuje na složitost, s jakou musí provozovatelé mobilních sítí znovu využívat spektrum pro stávající sítě, aby mohli spustit novou generaci, a tím snížit kapacitu svých stávajících sítí, které mají zpočátku omezený počet zákazníků a kompatibilních koncových zařízení.
- Podněcuje mobilní průmysl (výrobce síťové infrastruktury i koncových zařízení) k zavádění příslušných frekvenčních pásem a poskytuje mu jasné pokyny.
- Snižuje technickou složitost variant zařízení, a tím zlepšuje obchodní příležitosti na konkurenčním trhu.
- Minimalizuje negativní dopad na stávající služby, spokojenost zákazníků a provozovatelů.
- Umožňuje postupnou migraci terminálů, umožňuje včasným uživatelům využívat nové technologie.
- Poskytuje dostatečnou šířku pásma spektra potřebnou pro novou generaci mobilních sítí.

Přijetí primárních nebo průkopnických pásem prokázalo určitý potenciál a zájem mobilních operátorů, což pomáhá řešit některé z výše uvedených problémů. Tento přístup rovněž splňuje požadavky na kapacitu a služby podporované novými technologiemi, včetně vyvolání rychlého rozvoje koncových zařízení a investic do společných cílových pásem v Evropě. Evropská politika a legislativa v oblasti spektra takový přístup podpořila několika rozhodnutími týkajícími se 2G-5G (např. rozhodnutí EU

⁶³ Stanovisko RSPG k aspektům souvisejícím se spektrem pro bezdrátové systémy nové generace (5G) https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/7664730c-c5e6-45d1-8fb6-3244c6034a1b_en?filename=RSPG16-032-Opinion_5G.pdf

Směrnice⁶⁴ 2G), rozhodnutí Rady a Parlamentu⁶⁵ 3G), RSPP⁶⁶ (4G), EECC⁶⁷ (5G)).

Primární pásmo 6G by kromě zviditelnění trhu a umožnění úspor z rozsahu mohlo umožnit větší velikosti bloků ve srovnání s bloky dostupnými v současných harmonizovaných pásmech. To by bylo výhodné zejména pro nové cílené služby 6G, které vyžadují větší šířku pásma a existují požadavky na pokrytí a kapacitu. Kromě toho by se na základě zpřístupnění harmonizovaného spektra mohla objevit nová využití, na která se při přípravě technologického plánu původně nezaměřovalo, a to buď v důsledku nových technologických příležitostí, nebo v důsledku vývoje strategií provozovatelů mobilních sítí.

⁶⁴ Směrnice Rady 87/372/EHS o frekvenčních pásmech vyhrazených pro koordinované zavedení veřejných celoevropských buňkových digitálních pozemních mobilních komunikací ve Společenství: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:01987L0372-20091109&qid=1730300721405>

⁶⁵ Rozhodnutí č. 128/1999/ES o koordinovaném zavádění mobilního a bezdrátového komunikačního systému třetí generace (UMTS) ve Společenství: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999D0128>

⁶⁶ Rozhodnutí č. 243/2012/EU o vytvoření víceletého programu politiky rádiového spektra: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012D0243>.

⁶⁷ Směrnice (EU) 2018/1972, kterou se stanoví evropský kodex elektronických komunikací (přepřacované znění): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L1972>.

PŘÍLOH

A I

Během veřejné konzultace se vyjádřili tito respondenti:

01	Univerzita v Oulu	19	Vodafone
02	AIRBUS	20	CRTV
03	Aerospacelab	21	Více společností (Amazon Inc., Apple Inc., Broadcom Inc., Cisco Systems Inc., Hewlett Packard Inc. Enterprise, Meta Platforms Ireland Limited)
04	ecta	22	UWB Alliance
05	Ericsson	23	FNS6G
06	ARD	24	Telia
07	Elisa Finsko	25	Prostor pro listy
08	Thales	26	CSSMA
09	GSA	27	Deutsche Telekom
10	GSOA	28	GIFAS
11	Aliance Wi Fi	29	BTG
12	APWPT	30	Fastweb (<i>DŮVĚRNÉ</i>)
13	GSMA a Connect Europe	31	Nokia
14	EUTC	32	Intel
15	Cisco	33	HUAWEI
16	Operátoři mobilních sítí (BT Group, Deutsche Telekom, KPN, Odido, Orange, SFR, TIM, Telefónica, Telia Company a další). Vodafone)	34	DSA
17	EOLO	35	Qualcomm
18	ASTRON	36	SCF Associates

PŘÍLOHA II

Celostátní pokrytí včetně hlavních silnic a železničních tratí je zajištěno různými pásmy s využitím různých technologií mobilních sítí, včetně 5G. Tyto požadavky na národní pokrytí jsou součástí národních povolení a mohou se v jednotlivých zemích lišit vzhledem k národnímu kontextu, potřebám a politice. Některé údaje z členských států ilustrují rychlý nástup 5G v pásmu 3,6 GHz.

Finsko

Základní pokrytí mobilními komunikačními sítěmi je dostupné pro > 99 % populace (94 % území pokrytého sítí 4G) a pro celou silniční a železniční síť v souladu s licencemi na síť. Základní pokrytí však nezaručuje uživateli žádnou konkrétní rychlost přenosu dat.

Celostátní licence na síť 4G/5G ve frekvenčních pásmech od 700 MHz do 2100 MHz zahrnují požadavky na pokrytí, které se týkají počtu obyvatel, nikoli geografického pokrytí. Požadavek je [obvykle], aby síť pokrývala 99 % . Kromě toho [ve většině síťových licencí] existuje požadavek pokrýt také hlavní silnice a železnice.

V licencích na síť 3,6 GHz a 26 GHz nejsou stanoveny žádné požadavky na pokrytí. Rychlé mobilní širokopásmové připojení (> 100 Mbit/s) je však v pásmu 3,6 GHz s 5G dostupné již pro 91 % domácností⁽⁶⁸⁾.

Francie

Observatoř ANFR poskytuje každý měsíc relevantní informace o zavádění 5G. Jakékoli instalace základnových stanic (kromě SAWAP) vyžadují souhlas ANFR. SAWAP s eirp vyšším než 1 W musí být rovněž ohlášeny.

Viz poslední zveřejněné pozorování ANFR⁶⁹ V pásmu 3,6 GHz je ANFR povoleno více než 29 tisíc 5G BS (téměř 23 tisíc je technicky v provozu), přičemž toto pásmo je nejvíce využíváno všemi čtyřmi operátory. Dva operátoři využívají také párové pozemní pásmo 2 GHz s více než 19 tis. BS v tomto pásmu (14 tis. provozních) a jeden operátor nasadil také téměř 24 tis. BS v pásmu 700 MHz (více než 19 tis. provozních). S výjimkou jednoho mobilního operátora se počet 5G BS v pásmu 3,6 GHz (spuštěném v roce 2020) blíží počtu 4G BS v pásmu 2,6 GHz (spuštěném kolem roku 2008) - To svědčí o rychlém nástupu 5G v pásmu 3,6 GHz.

Povolení udělená mobilním operátorům zahrnují povinnosti zavádět 5G v počtu lokalit ročně, včetně % lokalit zaměřených na oblasti s nízkou hustotou obyvatelstva a podporujících hospodářský rozvoj; povinnost zajistit pokrytí na všech dálnicích a hlavních silnicích rychlostí 100 Mbit/s.

Německo

Spolková agentura pro síť (BNetzA) pravidelně zveřejňuje výsledky monitoringu mobilních sítí, který zahrnuje interaktivní mapu a statistické vyhodnocení pokrytí mobilními sítěmi veřejných provozovatelů mobilních sítí v rámci programu "Mobilní síť".

⁶⁸ Pokrytí mobilními širokopásmovými službami: <https://tieto.traficom.fi/en/statistics/coverage-mobile-širokopásmové-sluzby>

⁶⁹ Observatoire mensuel: <https://www.anfr.fr/gestion-des-frequences-sites/observatoire/>

Gigabitový pozemkový katastr (Gigabit Grundbuch⁽⁷⁰⁾). Mapa ukazuje současné pokrytí mobilními sítěmi v Německu z pohledu spotřebitele. Informace pro mapu pokrytí poskytují čtyři MNO v souladu se specifikacemi BNetzA. Věrohodnost a srovnatelnost údajů se kontroluje mimo jiné na základě výsledků aplikace Funkloch-App⁷¹. Kromě toho k ověření údajů přispívají náhodná měření testovací a měřicí služby BNetzA. Výsledkem je přehledný obraz plošného pokrytí mobilními sítěmi v Německu včetně sítí 2G, 4G a 5G. Vezmeme-li v úvahu všechny druhy technické implementace 5G (5G NSA a 5G SA), je tímto standardem mobilních komunikací pokryto již přibližně 92 % území Německa (od dubna 2024). Datové pokrytí 4G je dostupné na >97 % a základní hlasové služby 2G na 99,8 % území.

Obecně jsou povinnosti pokrytí technologicky neutrální a nevyžaduje se použití konkrétního frekvenčního pásma. Povinnosti však obsahují mimo jiné požadavky na datovou propustnost a latenci. Při odklonu zahrnují povinnosti vyplývající z udělení zakázky na rok 2019 také rozmístění 1000 základnových stanic 5G.

~ . ~

⁷⁰ Mobilfunk-Monitoring: <https://gigabitgrundbuch.bund.de/GIGA/DE/MobilfunkMonitoring/start.html> (pouze v němčině)

⁷¹ Mobil testen: <https://breitbandmessung.de/mobil-testen> (pouze v němčině)