

Dynamické sdílení rádiového spektra a komunikační sítě 5G

Radiokomunikace 2018

Pardubice 23. – 25. 10. 2018

Ing. Jan Kramosil, BC Service

1

Dynamické sdílení rádiového spektra a komunikační sítě 5G

1. Úvod - rádiové spektrum jako významný přírodní zdroj
2. Dynamické sdílení rádiového spektra
3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22
4. Dynamické řízení využívání rádiového spektra
5. Komunikační sítě 5G a služby
6. Závěr – komunikační sítě 5G a vysokorychlostní internet

2

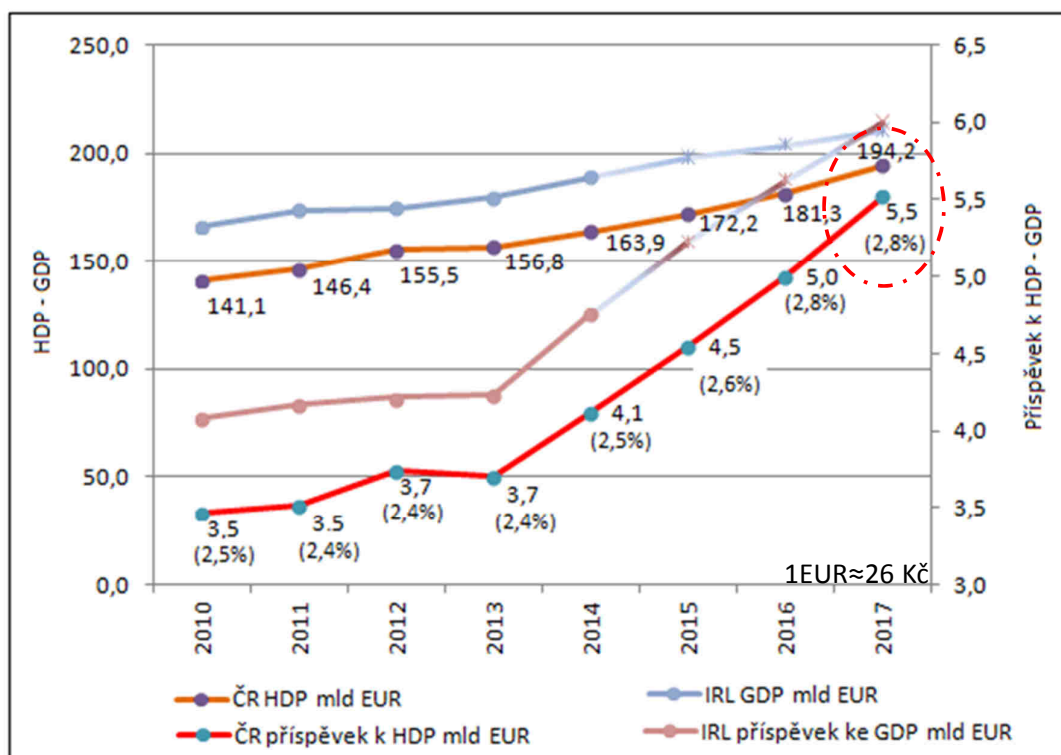
1. Úvod

- Rádiové spektrum (RS) se stalo **významným omezeným přírodním zdrojem**, který má **hodnotu**
- **Hodnota RS** - **souhrn příspěvků** tržních segmentů tvořených z velké části službami, jejichž poskytování je podmíněno využíváním rádiových kmitočtů, **k HDP**
- Podle EK je **hodnota RS** v 28 zemích EU v rozmezí 2 – 2,5% souhrnného HDP, cca **200 mld EUR** (5,176 bn Kč)

3

1. Úvod - rádiové spektrum jako významný přírodní zdroj

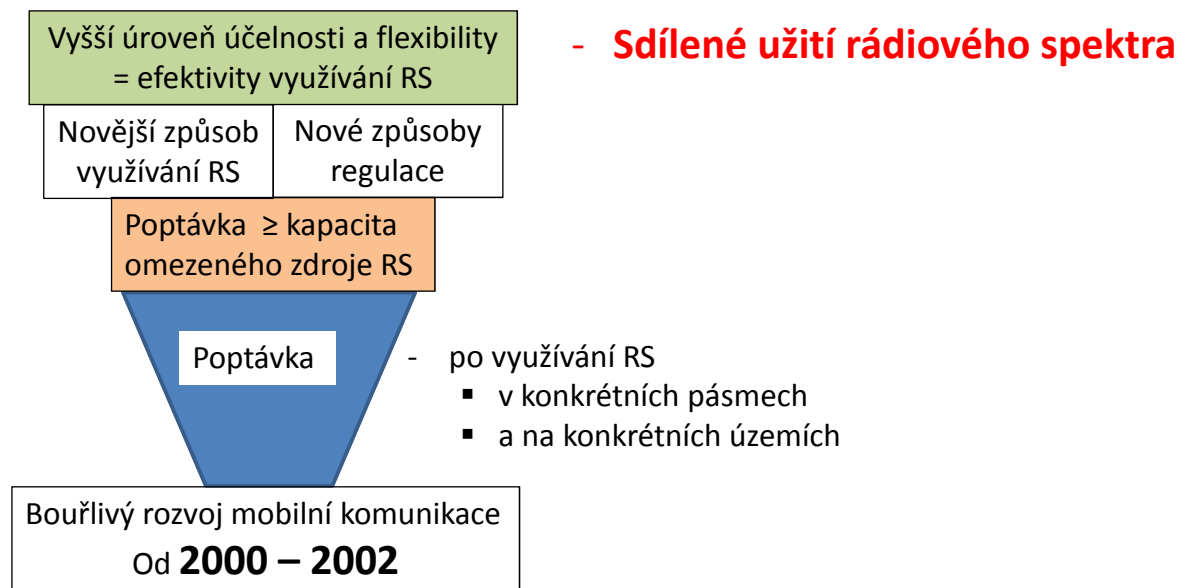
Hrubý odhad trendu vývoje hodnot příspěvků tržních segmentů využívajících RS k HDP v souvislosti s růstem HDP (2010 – 2017).



4

1. Úvod - rádiové spektrum jako významný přírodní zdroj

Efektivní využívání RS a tedy jeho **účelná regulace** má přímý pozitivní vliv na prosperitu příslušných tržních segmentů.



1. Úvod - rádiové spektrum jako významný přírodní zdroj

5

2. Dynamické sdílení rádiového spektra

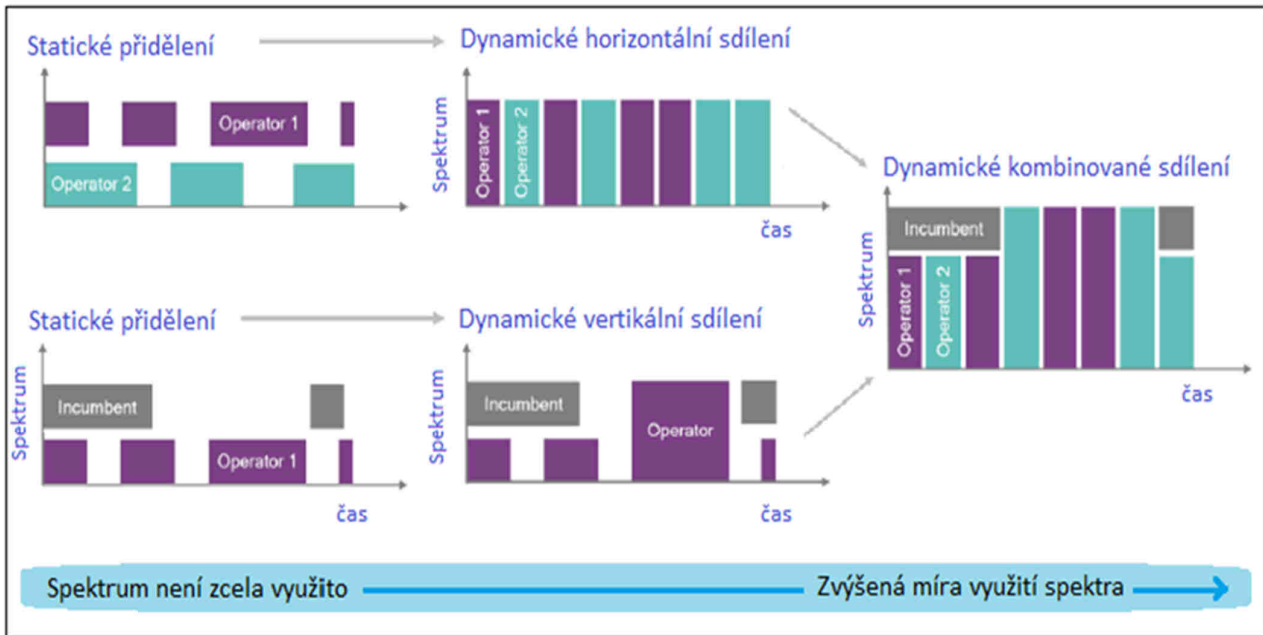
Pojmy:

- **Primární operátor**
zavedený operátor (Incumbent) zpravidla s významnou tržní silou, který zajišťuje většinou na rozsáhlém území široké portfolio služeb.
- **Sekundární operátor**
operátor (Operátor 1, 2,...), jehož záměrem je poskytovat jím zajišťovanou službu většinou na území omezeného rozsahu.
- **Statické přidělení**
Stav, kdy např. pevné spoje bod-bod jsou provozovány na základě licence (individuální oprávnění – IO) na přidělených provozních kmitočtech a v určené lokalitě.

2. Dynamické sdílení rádiového spektra

6

Způsoby sdílení rádiového spektra



7

2. Dynamické sdílení rádiového spektra

Dynamické horizontální sdílení.

Dnes běžné zejména v tzv. „bezlicenčních částech“ rádiového spektra (všeobecné oprávnění – VO), jako jsou pásma 2,4 GHz, 5GHz, 10 GHz, 24 GHz atd.

Několik provozovatelů v konkrétní lokalitě využívá stejnou část rádiového spektra avšak v různých časových úsecích. Jednotlivá zařízení **autonomně detekují aktuální obsazenost spektra** v daném kmitočtovém pásmu a **koordinují jeho intenzivní využívání v rámci decentralizovaného systému.**

• detekční a koordinační techniky

- CCA..... *Clear Channel Assessment*
- eCCA *extended Clear Channel Assessment*
- LBT *Listen Before Talk*
- CS *Carrier Selection*
- CSAT *Carrier Sensing Adaptive Transmission*

Radiokomunikace 2017

Využití bezlicenčních částí RS...

Součástí zmíněných **detekčních** a **koordinačních** technik se postupně stávají stále důmyslnější nástroje jako např. **Kognitivní rádio** (Cognitive radio system – CRS) či „**Softwarové**“ **rádio** (Software defined radio – SDR) .

8

2. Dynamické sdílení rádiového spektra

„**Kognitivní rádio**“ - systém, který je vybaven schopností získat informace o provozním a geografickém prostředí, ve kterém je provozován včetně informací o zavedených provozních strategiích a jeho vlastním vnitřním nastavení. Podle těchto získaných a zpracovaných informací systém dynamicky a samostatně koriguje svoje provozní parametry a protokoly tak, aby bylo dosaženo předdefinovaných provozních cílů s tím, že systém dále reaguje („učí se“) na výsledky uvedených provozních korekcí.

„**Softwarové rádio**“ - systém, jehož rádiový vysílač a/nebo přijímač využívá technologie, které dovolují prostřednictvím software nastavovat či měnit rádiové provozní parametry jako např. kmitočtový rozsah, typ modulace, výstupní výkon i další kromě změn provozních parametrů mimo hodnoty, které jsou dány nastavením rádiového systému pro provoz podle systémové specifikace nebo standardu. **SDR lze považovat za jeden ze stavebních prvků systému kognitivního rádia.**

[Report ITU-R SM.2152 (09/2009)]

9

2. Dynamické sdílení rádiového spektra

Dynamické vertikální sdílení.

O dynamickém vertikálním sdílení hovoříme v případě, kdy stávající **primární (incumbent) operátor**, poskytující tzv. **primární službu**, využívá na základě **individuálního oprávnění** konkrétní přidělenou část rádiového spektra.

Za speciálních podmínek stanovených regulátorem (**regulace LSA** – Licenced Shared Access) je umožněno využívat **stejnou část** rádiového spektra rovněž **dalším jedním nebo více sekundárními operátory**, a to dynamicky v časových úsecích, kdy primární operátor konkrétní přidělenou část spektra aktuálně nevyužívá.

Dynamické kombinované sdílení.

Kombinace obou předchozích způsobů sdílení.

Je nabízena možnost dosahovat zvýšené míry využití při snaze o efektivní využívání rádiového spektra.

V současnosti se jedná o cílový model sdílení, který by měl být aktuální v rádiových sítích 5G, a který vyžaduje nasazení sofistikovaných mechanismů jak v oblasti regulačních postupů, tak v oblasti vlastní techniky sdílení rádiového spektra.

10

2. Dynamické sdílení rádiového spektra

3. TVWS – TV White Spaces

Příklad dynamického vertikálního sdílení RS - využívání „bílých míst“ (TVWS) v kmitočtovém pásmu 470 – 790(694) MHz (UHF).

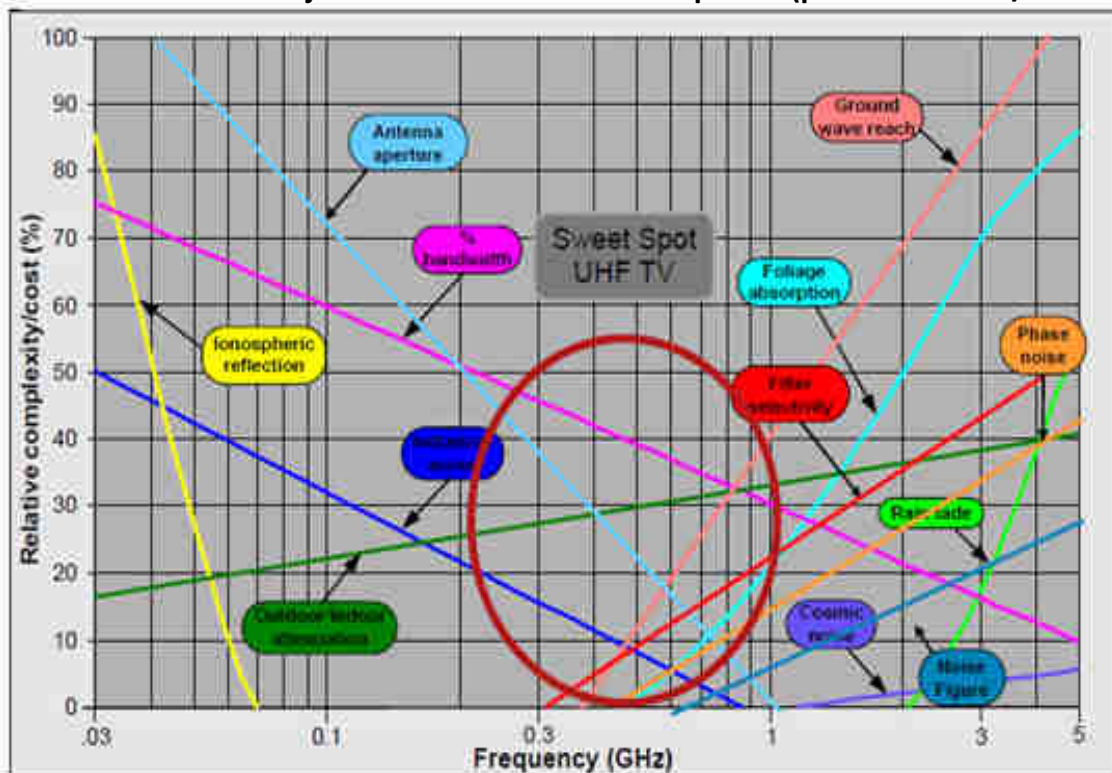
Proč je pro tento účel zajímavé právě kmitočtové pásmo UHF, dnes primárně využívané pro službu zemského TV vysílání ?

Jako bílé místo lze označit část rádiového spektra, které je možno využít radiokomunikační aplikací, službou či systémem v konkrétním čase a na konkrétním geografickém území v „bezinterferenčním“ a nechráněném režimu ve vztahu k dalším službám s vyšší prioritou na národní bázi .

11

3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22

Porovnání vlivů zhoršujících kvalitu kmitočtového spektra (poměr složitost/náklady)



Courtesy: Gerald Chouinard
Copyright 2016 Carlson Wireless Technologies Inc.



12

3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22

V Evropě byly rozpracovány způsoby využívání bílých míst TVWS v řadě vzájemně provázaných dokumentů, a to zejména:

- ECC Report 159, January 2011,
- Evropský standard ETSI EN 301 598 V1.1.1 (2014-04), [ČSN ETSI EN 301 598 V1.1.1 (870010), účinnost od 01/2015]
- ETSI TS 102 946 V1.1.1 (2014-07).

Standardizační institut IEEE pak vyvinul několik standardů, které umožňují využívání TVWS na různých úrovních:

- **Standard IEEE 802.11af**,
- Standard IEEE 802.15.4m,
- Standard IEEE 802.19.1,
- **Standard IEEE 802.22**,
- Standard IEEE P1900 (1 až 7).

Porovnáním standardu IEEE 802.11af a standardu 802.22 lze identifikovat dva základní nástroje využívané při dynamickém sdílení rádiového spektra v rámci využívání TVWS.

Geolokační databáze a Kognitivní rádio.

Většina metod (systémů) pro dynamické sdílení spektra tyto a podobné odvozené nástroje využívá.

13

3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22

IEEE 802.11af

Sdílení rádiového spektra mezi sítěmi **WLAN** provozovanými v rozsahu „bezlicenčního“ pásma TVWS a mezi primárními TV licencovanými službami v pásmu UHF.
(*vnější prostředí*)

Standard IEEE 802.11af vychází z konstrukce fyzické úrovně standardu IEEE 802.11ac a využívá mimo jiné i možnosti technologie MU – MIMO (nyní v praxi max. MIMO 2x2)

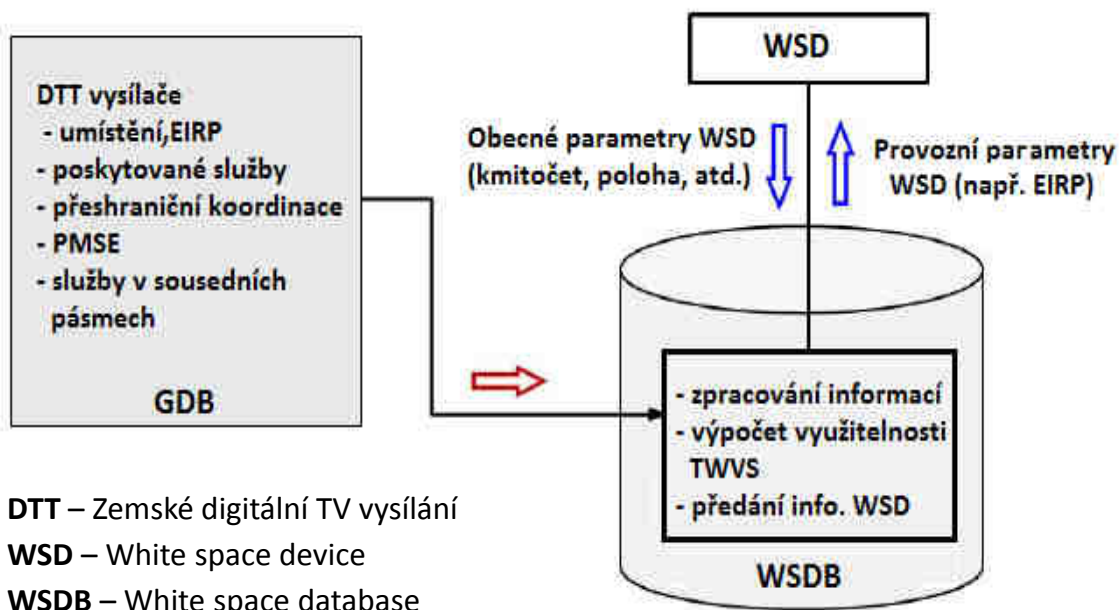
Při sdružení dvou provozních kanálů (2x8MHz) dosáhnout maximální datové rychlosti cca 142 Mbit/s na vzdálenost stovek metrů až jednotek kilometrů (*např. zařízení Redline Communication, RDL-3000 XP ELLIPSE*).

Základním nástrojem pro zajištění dynamického sdílení rádiového spektra je v případě standardu IEEE 802.11af využití tzv. **Geolokační databáze** (GDB – Geolocation Database).

14

3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22

Řízení dynamického přístupu prostřednictvím GDB v případě standardu IEEE 802.11af.



DTT – Zemské digitální TV vysílání

WSD – White space device

WSDB – White space database

15

3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22

IEEE 802.22

Standard, který v rámci dynamického sdílení TVWS specifikuje pro regionální bezdrátové přístupové sítě (**WRAN** - Wireless Regional Access Network) rádiové rozhraní s využitím **Kognitivního rádiového systému** (CRS) a Geolokační databáze (GDB).

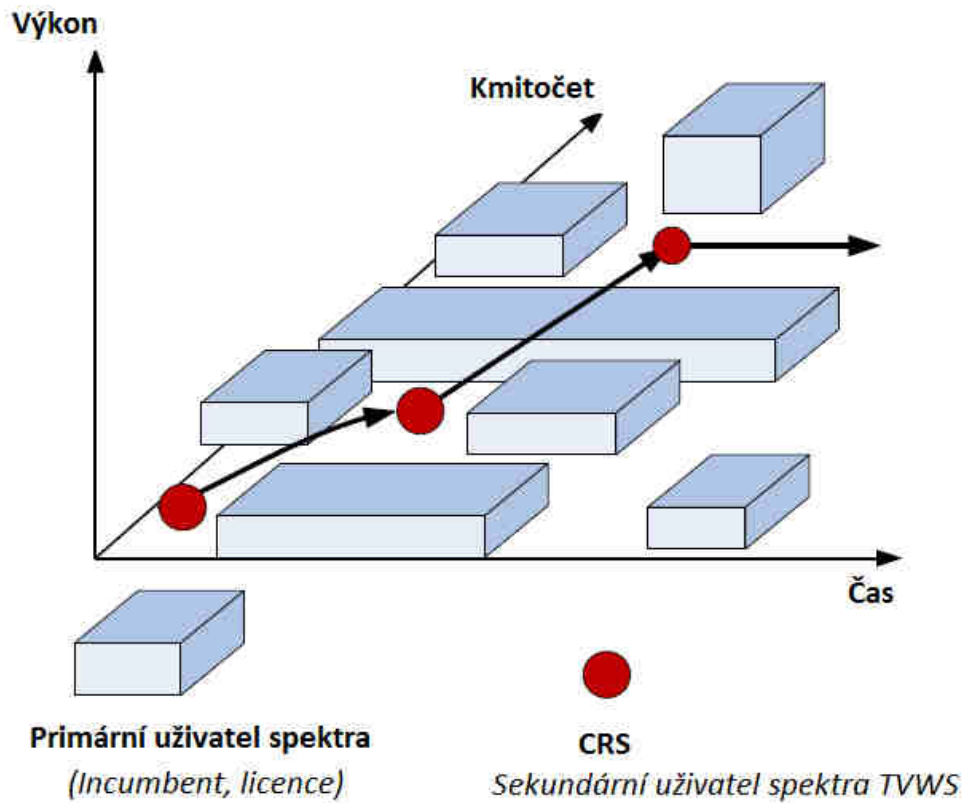
V rámci WRAN, je možno v závislosti na typu sítě, použité modulační metodě a vyzářeném výkonu zařízení překlenout typicky vzdálenosti 15 – 20 km. S využitím nejrobustnější modulační metody a dostatečným vyzářeným výkonem lze s nízkou datovou rychlostí překlenout i vzdálenost do 100 km.

	$N_{SS} = 1$ (MIMO 1x1)		$N_{SS} = 2$ (MIMO 2x2)	
	QPSK 1/2	256 QAM	QPSK 1/2	256 QAM
Poč. kanálů	[Mbit/s]	[Mbit/s]	[Mbit/s]	[Mbit/s]
1 x 8 MHz	6	43	12	87
2 x 8 MHz	12	87	25	174

16

3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22

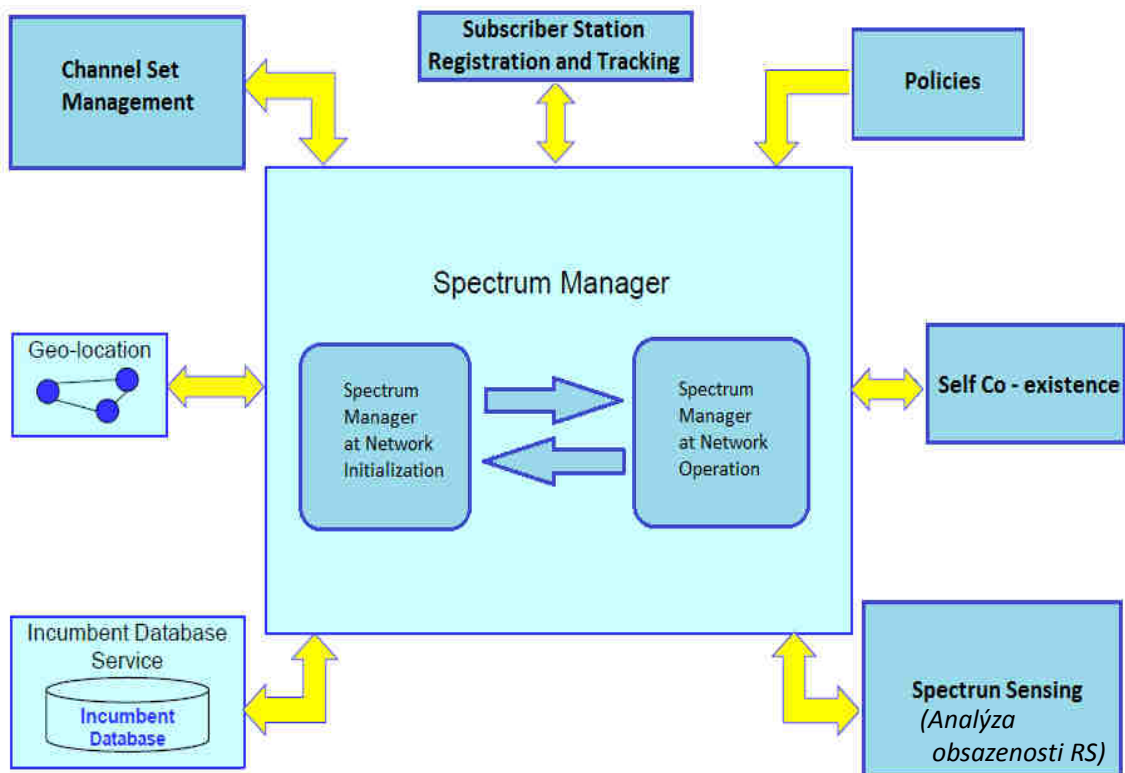
System kognitivního rádia



3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22

17

Rámcové schéma systému podle standardu 802.22



3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22

18

Standard IEEE 802.22 využívá v rámci nástroje CRS speciálního algoritmu nazývaného „**spectrum sensing**“ (analýza obsazenosti spektra) k vyhledání volných částí kmitočtového spektra (parametry jsou kmitočet a čas), které nejsou aktuálně využívány primárním (incumbent) uživatelem spektra.

System pod standardu 802.22 využívající kromě GDB i nástroj CRS dokáže v rámci dynamického sdílení TVWS zajistit kvalitnější úroveň „bezinterferenčního“ prostředí, kdy lze během analýzy rádiového spektra TVWS kromě jiného eliminovat i případné vzájemné vlivy s dalšími rádiovými systémy (službami v kmit. pásmu UHF):

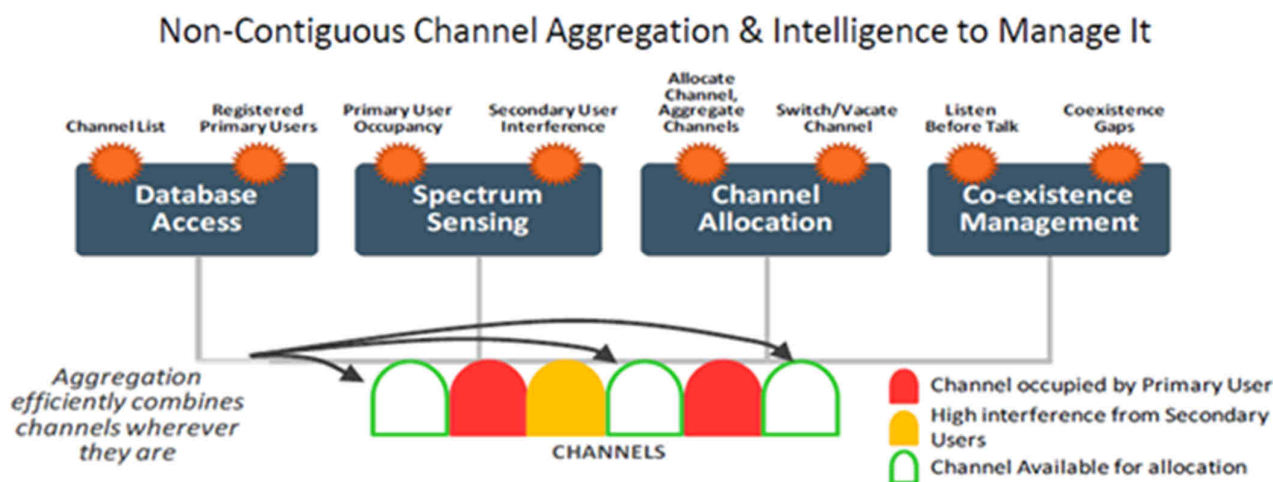
- **Zemské DVB-T/DVB-T2 vysílání - (Broadcastig services),**
- **Provoz zařízení PMSE – (Program Making and Special Event)** zejména mikrofony pro zpravodajské účely nebo využívané při pořádání hromadných společenských akcích,
- **Ochrana služby RAS v pásmu 608-614 MHz - (Radio Astronomy),** kanál 38, v případě ČR se jedná o ochranu této služby především v sousedních zemích, (např. Německo),
- **Pevná a mobilní služba v kmitočtových pásmech sousedících s pásmem 470-790(694) MHz.**

19

3. TVWS, standardy 802.11af a IEEE 802.22

4. Dynamické řízení využívání rádiového spektra

Dynamické řízení využívání rádiového spektra (DSM – Dynamic Spectrum Management)



© InterDigital, Inc.

20

4. Dynamické řízení využívání rádiového spektra

V rámci tohoto již poměrně sofistikovaného systému lze identifikovat následující základní funkce:

- Slučování rádiových kanálů, sloučení až 4 nesousedních kanálů,
- Analýza a výběr vhodných kanálů pro přepínání v rámci systému CRS, analýza rušení DTT, PMSE, atd. metodou Spectrum sensing,
- Rychlé a pružné přidělování částí rádiového spektra pro provoz, dynamický výběr nejvhodnějších rádiových kanálů. Při výběru hrají hlavní roli údaje z GDB, výsledky analýzy rušení v reálném čase a informace o uživatelských preferencích.

Pro funkci systému pak je nezbytné použití následujících komponent a postupů:

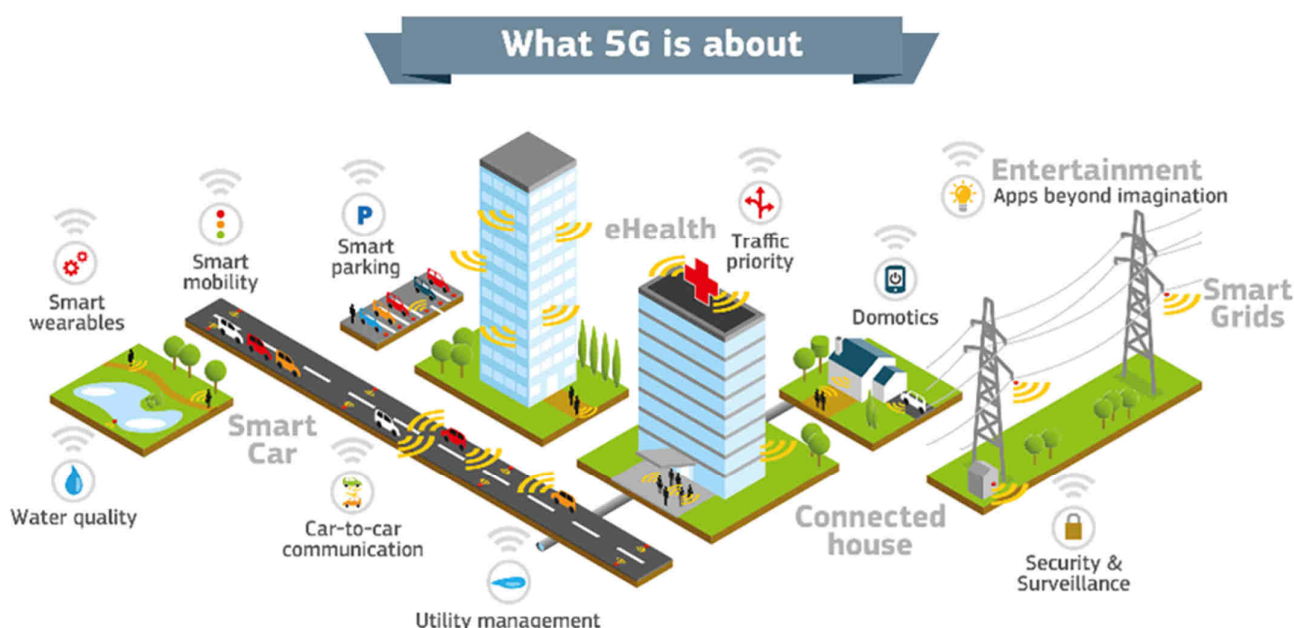
- TWVS geolokační databáze, identifikace rádiových kanálů využívaných primárním (incumbent) operátorem na základě průběžně aktualizované databáze,
- Širokopásmový transceiver.

4. Dynamické řízení využívání rádiového spektra

21

5. Komunikační sítě 5G a služby

Sdílené užití RS - Dynamické kombinované sdílení



22

Tři shrnující kategorie názvů předpokládaných služeb v komunikačních sítích 5G.

A.

eMBB (enhanced Mobile Broadband) - **vyspělé vysokorychlostní mobilní připojení**

8 typů služeb, od pokrytí vnitřních a vnějších prostor po další stupeň využití video-rozhraní v rámci rozšířené či virtuální reality.

- Standard ISO/IEC 23090, označovaný rovněž jako MPEG - I (Immersive) - 7 částí (od r. 2016), zaměřený na VR (360 deg, 3 – 6 stupňů volnosti, vícerozměrné audio), cca od 2020 komerční aplikace,
- Nový video formát H.266 (FVC-Future Video Codec), 50%+ k H.265, cca 2021 první HW aplikace.

B.

mIoT (massive Internet of Things) - **masivní internet věcí**

Sloučení původních kategorie M2M (Machine to Machine), mMTC (massive Machine Type Communication) a IoT (Internet of Things)

10 typů služeb, od sledování majetku či fyzických subjektů po inteligentní nositelnou elektroniku (smart wearables).

C.

MCS (Mission Critical Services) – **Služby s klíčovým významem pro řízení a provoz systémů**

7 typů služeb od **Komunikace s velmi vysokou spolehlivostí a nízkým zpožděním (UR-LLC, Ultra Reliable Low Latency Communications)** po inteligentní síť (smart grid - energetika).

5. Komunikační síť 5G a služby

23

Z uvedeného výčtu služeb, aktivit či aplikací je zřejmé, že **komunikační síť 5G** je možné považovat za významný katalyzátor rozvoje ekonomiky.

Jsou to **heterogenní síť**.

Mohou být využívány dostupné druhy sítí EK – po vedeních i **rádiové**.

- síť rádiového přístupu v konfiguraci P-MP (WAS, RLAN, WiMax, WiFi, atd.),
- mobilní síť poslední současné generace označované jako LTE
- svoje místo má rovněž segment satelitních komunikací.

Navíc pozice **mobilních rádiových technologií** a tedy i rádiového spektra (sdílené užití) je pro komunikační síť 5G naprosto klíčová.

Díky předpokládanému zásadnímu významu komunikačních sítí 5G pro ekonomiku lze očekávat, že **mobilní technologie** jako celek se začlení mezi univerzální technologie označované jako **GPT (General Purpose Technologies)**, a to i se všemi důsledky právě pro správu a využití rádiového spektra.

Mezi takto označované technologie se historicky zpravidla zahrnují:
tiskařský lis, parní stroj, telegraf-telefon, elektřina či internet.

GPT jsou univerzální technologie, které mohou ovlivnit ekonomiku jako celek (obvykle na národní a globální úrovni). GPT mají potenciál významně měnit společnost prostřednictvím jejich dopadu na již existující hospodářské a sociální struktury. [zdroj:Wikipedie]

5. Komunikační síť 5G a služby

24

6. Závěr

Právě v návaznosti na rozvoj komunikačních sítí 5G, tedy v souvislosti s extrémně nízkým zpožděním spolu s vysokou dostupností, spolehlivostí a bezpečností přístupu k síti (ITU) je navíc, jako označení určitého specifického stupně kvality využívání sítě a typu připojení k síti, v poslední době zaváděn specifický pojem

„Tactile internet“

Internet, kterého je možno se téměř dotknout, je hmatatelný ???

- Výrazný vliv na hospodářství a společnost
- Bezpočet nových příležitostí pro nová technologická řešení
- Rozšíření portfolia služeb poskytovaných veřejnosti

Systemy - Komunikační sítě 5G a Služby - Sdílené užití Rádiového spektra

„Široce dostupný (všudypřítomný - ubiquity) vysokorychlostní internet“ - VRI

Č

ISP - cca 2000 celk., z toho 1600 wireless (A – 119, DK-90, celk.) **VRI > 80% = OK**

SMS -

„Podle mých zkušeností bych i mohl říci, že mám pocit, jako by v této mojí oblasti byli všichni operátoři vrcholně spokojeni, že jezdí trabantem.“

<https://www.seznam.cz/mapa-rychlosti-internetu>

R

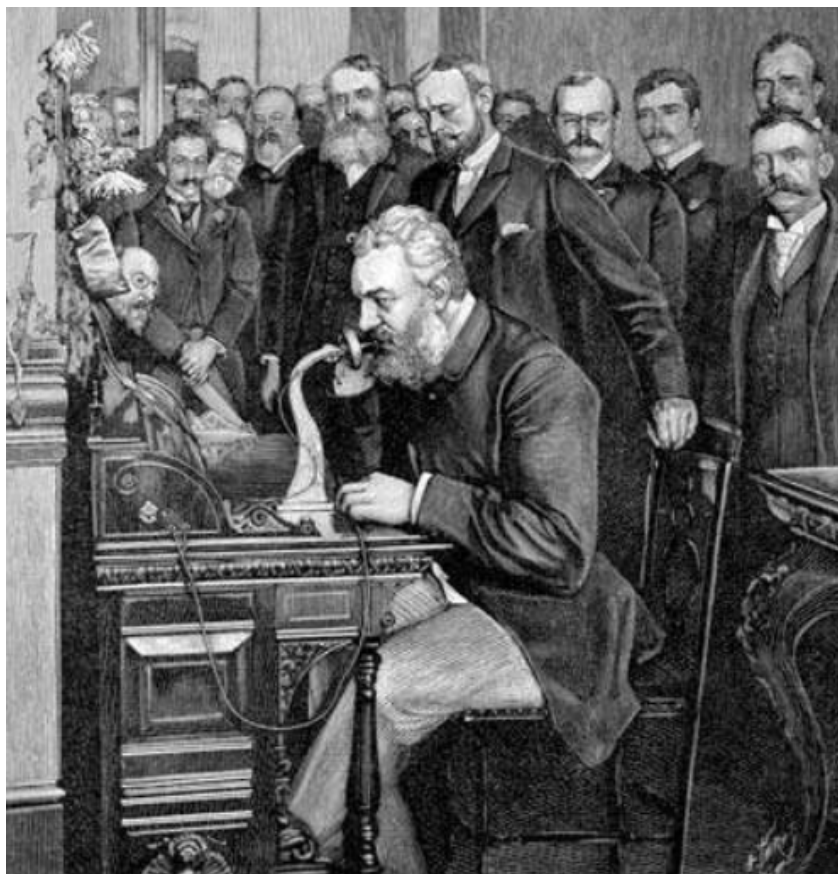
6. Závěr – komunikační sítě 5G a vysokorychlostní internet

25



Trabant P50, P60 Combi de luxe
Trabant 600 Combi, Trabant 601 Universal
Trabant 1.1, Trabant P800 RS

Trabant 5G



27

Děkuji za pozornost.

28



*Trabant P50, P60 Combi de luxe
Trabant 600 Combi, Trabant 601 Universal
Trabant 1.1, Trabant P800 RS*

Trabant 5G

Nicméně s vysokou pravděpodobností lze očekávat, že snaha po dosažení udržitelného růstu HDP se promítne i do strategií rozličných tržních subjektů v sektoru sítí a služeb elektronických komunikací

a tvrdý mechanismus tržní poptávky a nabídky ve věci „Široce dostupného, všudypřítomného vysokorychlostního internetu“ začne pracovat tak,

aby sítě zajišťující vysokorychlostní připojení včetně komunikačních sítí 5G mohly i v ČR začít naplňovat svojí předpokládanou úlohu ve věci dalšího rozvoje služeb, hospodářství, zaměstnanosti, vzdělání, atd.