

Přístupové sítě v bezlicenčním pásmu 5 GHz

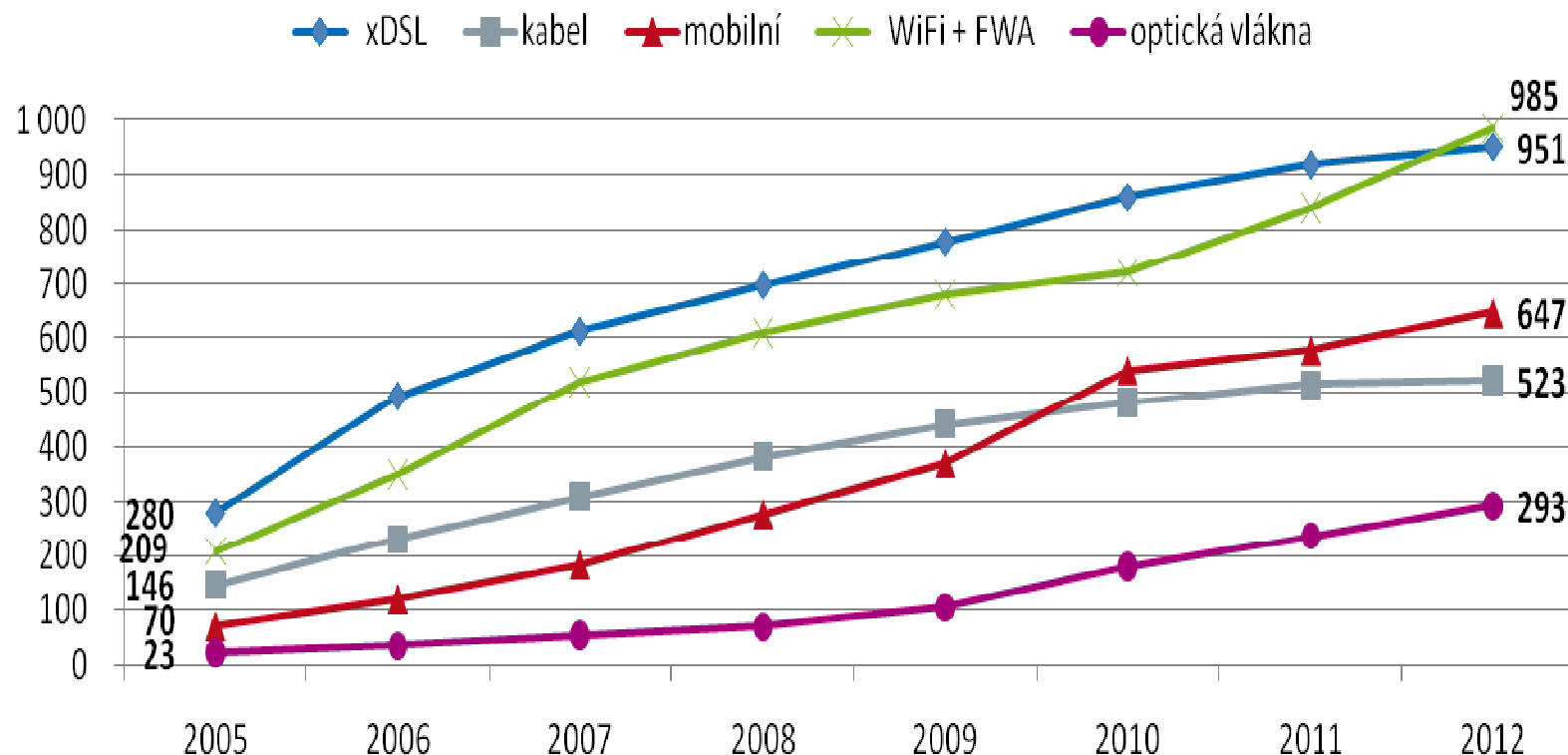
Radiokomunikace 2014

Pardubice 22. – 24. 10. 2014

Ing. Jan Kramosil

- Význam rádiových připojení k síti internetu v ČR
- Využívání kmitočtového spektra
- Použité technologické prvky
- Poskytované služby
- Možné kolize v rámci provozu příst. sítí
- Budoucnost využívání kmitočtového spektra v kmitočtovém pásmu 5 GHz
- Doporučení pro nadcházející období

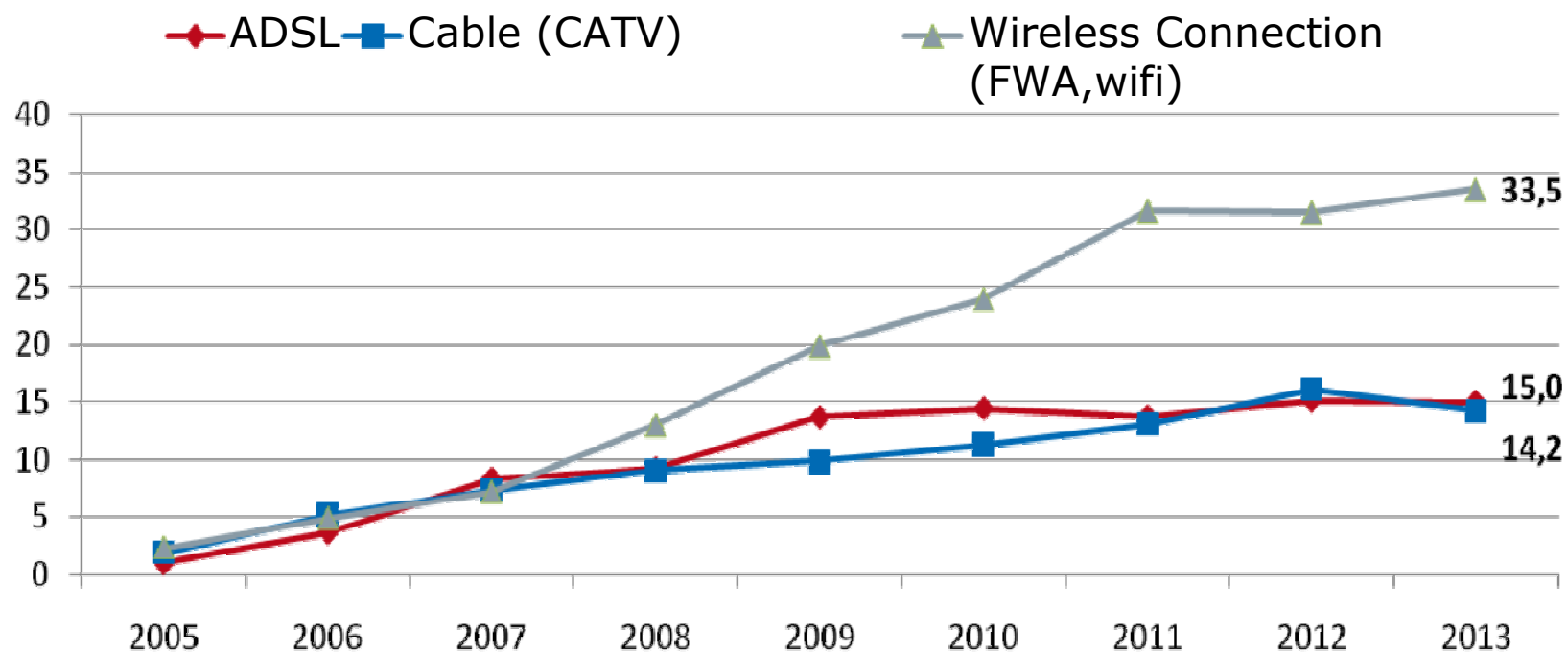
Graf 1 - Vysokorychlostní internetové přípojky v ČR, podle typu připojení
 (v tisících, zdroj: ČTÚ a <http://www.czso.cz>)



V současnosti (odhad ČTÚ) - v ČR nejméně 1 300 provozovatelů rádiových přístupových sítí, 140 000 rádiových přístupových bodů a spojů bod – bod - **1 100 00 uživatelů** rádiového přístupu k síti internet

Význam rádiových připojení k síti internetu v ČR

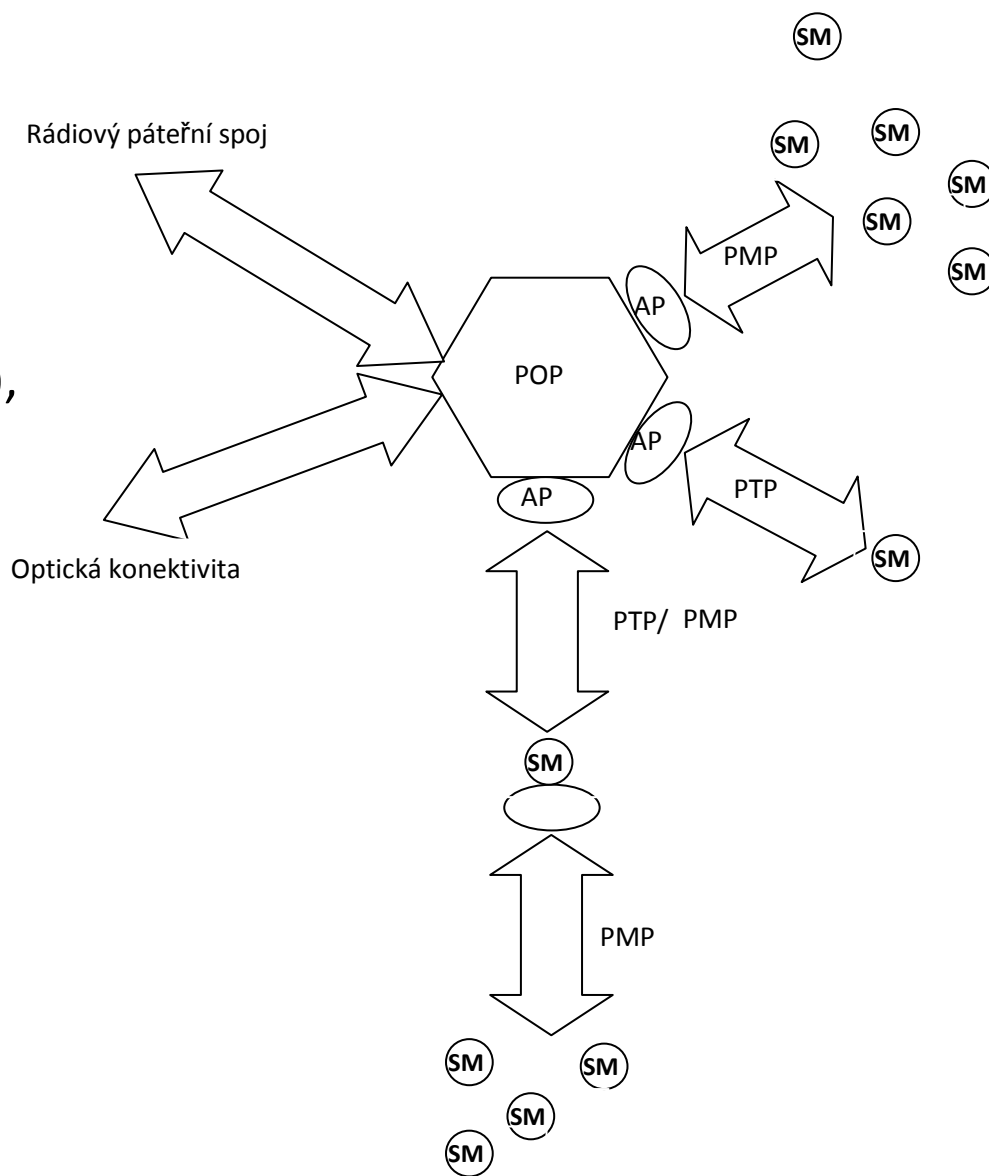
Graf 2 - Vysokorychlostní připojení k internetu – domácnosti (%)
(zdroj: ČTÚ a <http://www.czso.cz>)



Význam rádiových připojení k síti internetu v ČR

Obr. 1 - Struktura rádiové přístupové sítě

- POP – point of presence (site), vysílací bod
- AP – access point, přístupový bod
- SM – subscriber module, klientské zařízení
- PMP – point – multipoint, spoj bod – více bodů
- PTP – point-to – point, spoj bod - bod

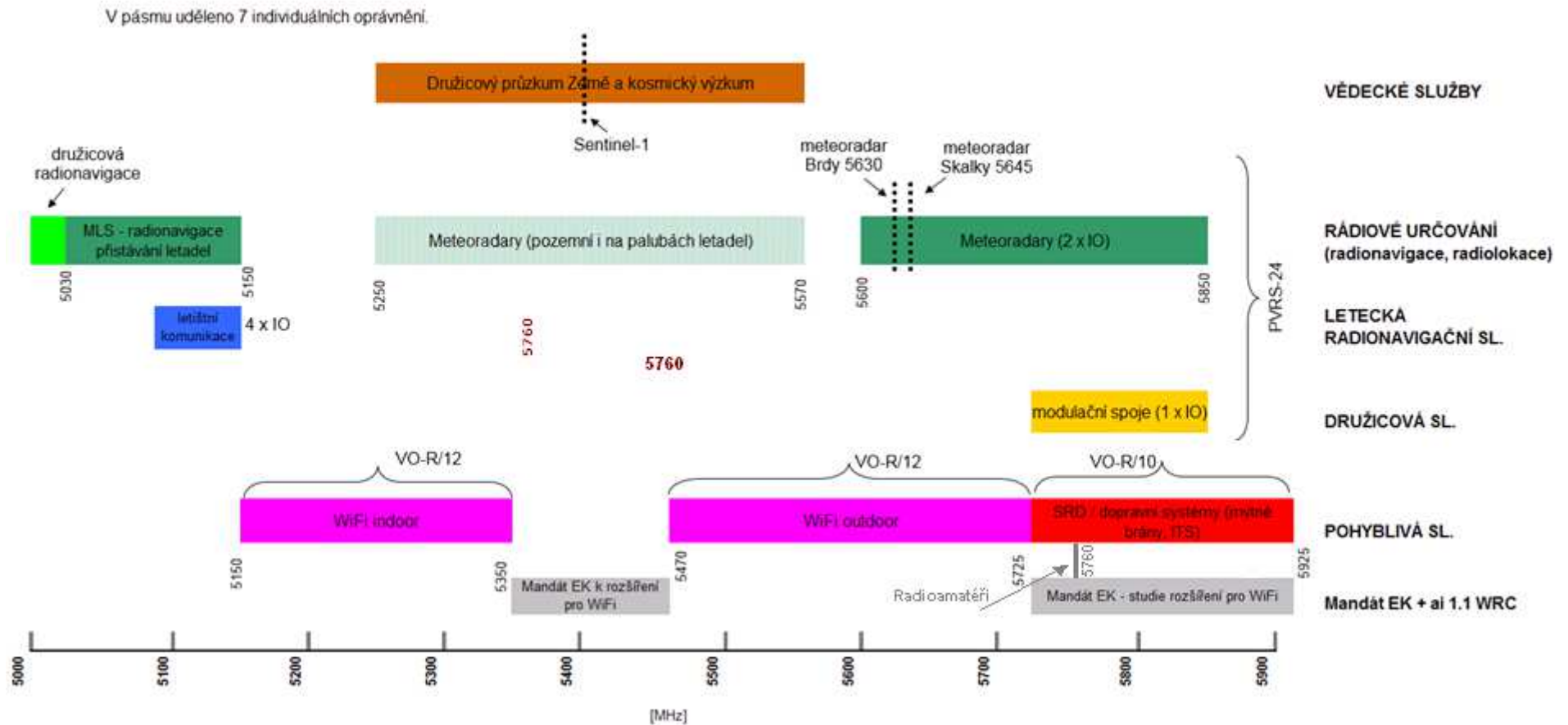


Význam rádiových připojení k síti internetu v ČR

V kmitočtovém pásmu **5,15–5,35 GHz** pouze uvnitř budov s EIRP 200mW a v kmitočtovém pásmu **5,470–5,725 GHz** ve vnějším prostředí s EIRP 1W upravuje využívání kmitočtů a některé požadavky na použitá zařízení pro širokopásmový přenos dat **VO-R/12/09.2010-12**.

V kmitočtovém pásmu **5,725–5,875 GHz** ve vnějším prostředí s EIRP 25mW upravuje využívání kmitočtů a některé požadavky na použitá zařízení (nespecifikované stanice krátkého dosahu) **VO-R/10/05.2014-03**.

Obr. 2 – Přehled civilního využití kmitočtového pásma 5 GHz v ČR (zdroj ČTÚ)



Využívání kmitočtového spektra

Na fyzické vrstvě se řešení zařízení v pásmu 5 GHz odvíjí od obecných standardů IEEE 802.11. (**802.11a** a **802.11n** , viz. Tab. 1 – sborník).

Nicméně od začátku letošního roku je u některých poskytovatelů vidět snaha začít využívat v sítích zařízení s parametry odvozené od standardu **802.11ac**.

Porovnání některých parametrů z pohledu standardu 802.11ac.

- a) Větší šířka rádiových kanálů
 - Povinně 80 MHz (oproti maximální šířce kanálu 40 MHz u 802.11n)
 - volitelně je navrhována šířka 160 MHz
- b) Vyšší počet MIMO prostorových streamů
 - Podpora až osmi streamů (oproti čtyřem ve 802.11n)
- c) Modulace
 - 256QAM, s kódovými poměry 3/4 a 5/6 přidány jako volitelné (oproti 64QAM s maximálním kódovým poměrem 5/6 v případě 802.11n)

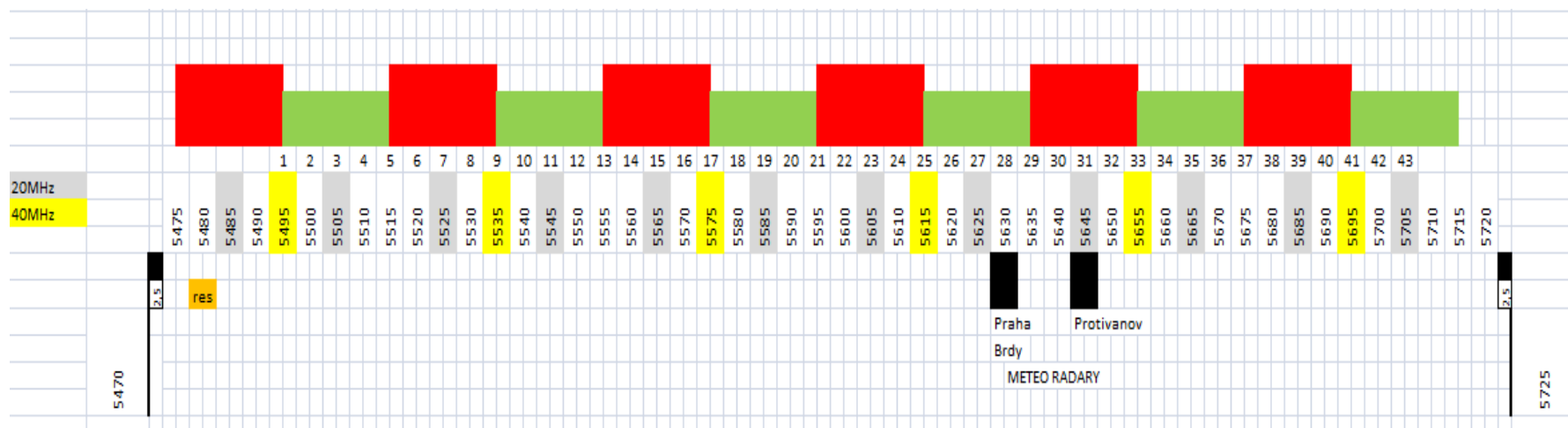
Použité technologické prvky

Hrubé porovnání jednotlivých Modulačních kódových schémat (MCS) ($MIMO\ 2 \times 2 = MCS\ 2$), viz. Tab.2 – sborník.

Pro rádiový kanál 20 MHz

Od 6,5 Mbps BPSK do 86,7 Mbps pro 256-QAM (MCS 8)

Obr. 3 – Rádiové kanály v části kmitočtového spektra 5,470–5,725 GHz
(20 MHz a 40 MHz)



Použité technologické prvky

Výrobci nejpoužívanějších zařízení pro rádiové přístupové sítě v pásmu 5 GHz v ČR.

- MikroTik, Lotyšsko, Riga
- Ubiquity, USA, San Jose, CA
- Cambium, USA, Rolling Meadows, IL (v minulosti Motorola a prvky Canopy)

Tato zařízení uvedených výrobců se však svým konkrétním provedením pro využití ve vnějším prostředí dosti liší od některých rysů vyplývajících z aplikace standardů 802.11.

Použité technologické prvky

Zařízení Ubiquity

- vlastní proprietární platforma airMAX jejímž jádrem je vlastní Ubiquiti TDMA (Time Division Multiple Access) protokol, který dynamicky přiděluje přenosové sloty jednotlivým klientům a zajišťuje větší imunitu proti rušení v porovnání s protokolem CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) u konvenčního standardu 802.11.
- možnost řízení QoS (Quality of Services)
- možnost využití vlastního synchronizačního systému airSync, který musí být řízen přijímačem GPS.

(Synchronizace upravuje vzájemné rušení mezi AP umístěnými společně na jednom POPu. Synchronizace zajistí, že všechny AP na POPu vysílají v jednom časovém slotu a přijímají rovněž v jednom časovém slotu. Bez synchronizace některé jednotky (AP) mohou vysílat v okamžiku, kdy jiné přijímají a dochází k interferencím).

Použité technologické prvky

Zařízení MikroTik

- základní stavebnicový prvek RouterBoard, řízený vlastním operačním systémem RouterOS.
- vlastní proprietární platformy jako MikroTik N stream, Dual Nstream a nebo NV2, jejichž jádrem je jako v předchozím případě TDMA (Time Division Multiple Access) protokol.
- Synchronizaci zařízení typu MikroTik nepoužívají

Zařízení Cambium

- vlastní platforma, jejímž jádrem je přístupový systém TDD s přístupovým protokolem TDMA.
- možnost využít synchronizaci typu CMM (Cluster Management Module, Cambium) a PacketFlux (PacketFlux Technologies, USA, Helena, MT)
- zařízení mimo jiné využívá i enkrypci dat DES/AES.

Použité technologické prvky

Přístup k síti INTERNET + možnost poskytování VoIP

Video/TV služby v režimu UNICAST

Video/TV služby v režimu MULTICAST především na spojích PTP

(Poskytování Video/TV služeb v režimu Multicast na rádiových sítích v pásmu 5 GHz s architekturou PMP hodnotí velká část poskytovatelů díky poměrné náročnosti (např. nutnost QoS) jako málo efektivní)

.

.

Poskytované služby

Vzájemné rušení operátorů

- Zejména v hustě osídlených oblastech
- Více než 1300 poskytovatelů, v 5 GHz obdobná situace jako v 2,4 GHz
- Pokročilejší technologie a schopnost operátorů vzájemně diskutovat pomáhá najít lokální řešení
- Cenou jsou zvýšené nároky na objem odvedené práce operátora při udržování provozu sítě (zvýšené nároky na častější nastavování parametrů zařízení, „přeladování“, atd.)

Porušení podmínek VO pro využívání rádiových kmitočtů operátorem

- Podmínky stanoveny ČTÚ prostřednictvím VO
- Příklad řešení – jsou-li operátorem využívány kmitočty v rozsahu 5,15 – 5,35 GHz, řeší ČTÚ případ porušení podmínek VO postihem podle ZEK

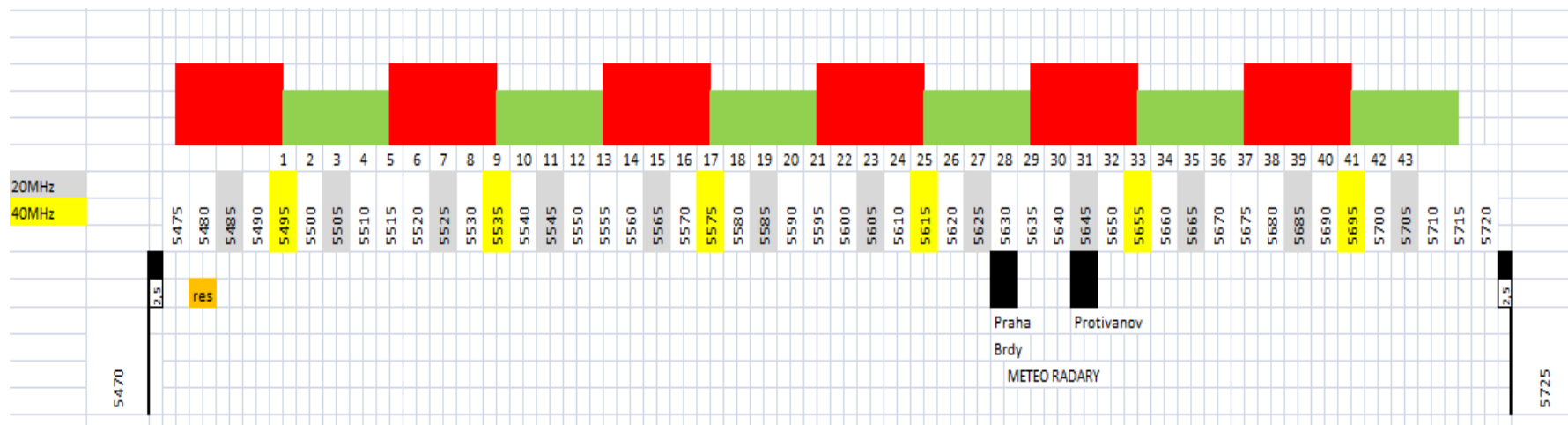
Možné kolize v rámci provozu přístupových sítí

Rušení provozu meteorologických radarů ČHMÚ v kmitočtovém pásmu 5 GHz

Meteorologické radary:

- Skalky u Protivanova, 49,501 N, 16,790 E, kmitočet 5 645 MHz, impulzní výkon 250 kW, IO 153651
- Brdy – kóta Praha, 49,658 N, 13,818 E, kmitočet 5 630 MHz, impulzní výkon 305 kW, IO 153650
- U obou provozní šířka kmitočtového pásma cca 2 MHz

Obr. 3 – Rádiové kanály v části kmitočtového spektra 5,470–5,725 GHz
(20 MHz a 40 MHz)



Možné kolize v rámci provozu přístupových sítí

Tab. 3 – NKT, kmitočtové pásmo 5GHz
(zdroj ČTÚ)

Kmitočtové pásmo	Přidělení v ČR
5470–5570	DRUŽICOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ (aktivní) [1] POHYBLIVÁ kromě letecké pohyblivé 5.446A–5.450A [1] RADIOLOKAČNÍ 5.450B [2] NÁMOŘNÍ RADIONAVIGAČNÍ [1] KOSMICKÉHO VÝZKUMU (aktivní) [1] 5.448B 5.452
5570–5650	POHYBLIVÁ kromě letecké pohyblivé 5.446A–5.450A [1] RADIOLOKAČNÍ 5.450B [1] [2] NÁMOŘNÍ RADIONAVIGAČNÍ [1] 5.452
5650–5725	POHYBLIVÁ kromě letecké pohyblivé 5.446A–5.450A [1] RADIOLOKAČNÍ [1] [2] Amatérská [1] Družicová amatérská 5.282 [1] Kosmického výzkumu (daleký kosmos) [1]

Možné kolize v rámci provozu přístupových sítí

Na první pohled POHYBLIVÁ a RADIOLOKAČNÍ služba = Co – primární báze služby jsou rovnocenné – pak – „harmful“ interference (škodlivé rušení) ve smyslu definice a navazujících ustanovení Radiokomunikačního řádu.

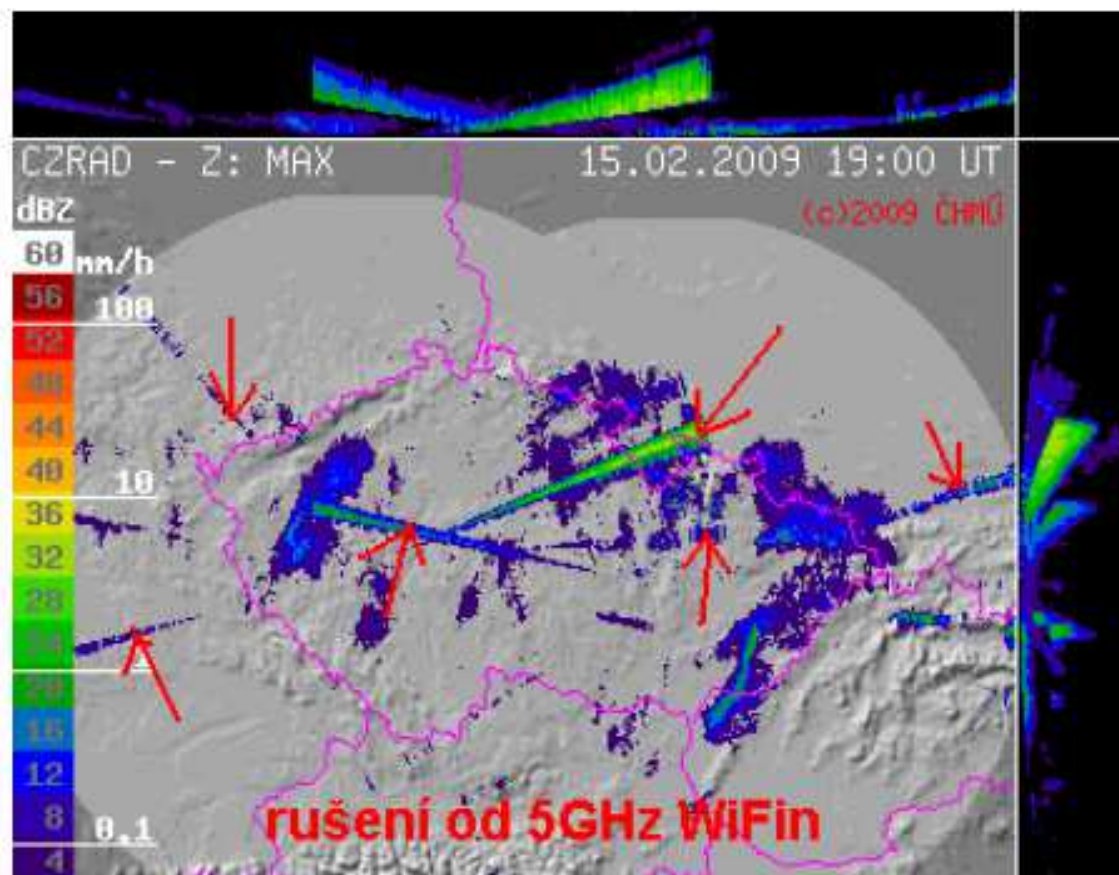
JE TOMU SKUTEČNĚ TAK?

- Poznámka Řádu 5.446A - odkazuje na ITU Rezoluci 229
- ITU Rez. 229 je hlavní pilíř sdílení pásma 5150-5350 / 5470-5725 MHz:
- RLAN: 5150-5350 MHz: 200 mW e.i.r.p.
- RLAN: 5470-5725 MHz: 1 W e.i.r.p. + postupy zmírňující rušení s odkazem na Doporučení ITU-R M.1652-1 (které zavádí DFS: Dynamic Frequency Selection)
- Poznámka Řádu 5.452 - v pásmu 5600-5650 MHz jsou meteoradary provozovány rovnoprávně s námořní radionavigační službou a je tedy třeba podle ustanovení 4.10 respektovat bezpečnostní aspekty při využívání pásma.
- Poznámka Řádu 5.450A – RLAN nesmí požadovat ochranu před službami rádiového určování
- MR jsou provozovány na základě IO č 153 650 a IO č. 153 651 vydaného ČTÚ s platností do 31. 5. 2019.

Možné kolize v rámci provozu přístupových sítí

Provoz rádiových přístupových sítí v pásmu 5GHz (RLAN) nemá stejné postavení jako provoz meteorologických radarů.
Závěry dokumentu ECC rep 192 ----- ČTÚ ---- zvyšován tlak s cílem omezit nyní rostoucí rušení MR na minimální možnou úroveň.

Obr. 5 – Rušení meteoradarů technologií WiFi



Možné kolize v rámci provozu přístupových sítí

Bližší informace k problematice radarů na seminářích ČTÚ.

<http://www.ctu.cz/ctu-informuje/seminar-pro-provozovatele-wi-fi-zarizeni-a-siti.html>

Praha – 23.9. 2014
Hradec Králové – 14.10. 2014
Brno – 16.10. 2014
Ostrava – 4.11.2014

Možné kolize v rámci provozu přístupových sítí

Jak dosáhnout v kmitočtovém pásmu 5 GHz situace, kdy bude možno klientům poskytovat službu připojení k síti internet vyšší rychlostí než dosud ?

TEORIE

- Využití modulace OFDM
- Mod modulace nosných až 256 QAM
- Využití až 9x9 MIMO prostorových streamů

PROTI

- poměrně úzký rozsah využitelného kmitočtového pásma (Obr. 3 a 4)
- daleko vyšší nároky použité modulační metody na dodržení požadovaného poměru SNR (Signal to Noise Ratio), který se v případě OFDM pohybuje řádově okolo 23 – 25 dB oproti SNR na úrovni 8 – 10 dB vyžadovaného například u 4-FSK.

Řešení není zcela triviální, proto spíše položíme otázku:

Je v zájmu ČR a evropských zemí rádiové přístupové sítě a systémy v dalších obdobích intenzivně využívat?

Budoucnost využívání kmitočtového spektra v kmitočtovém pásmu 5 GHz

Národní strategický dokument Digitální Česko 2.0. uvádí:

Hlavní cíle vlády do roku 2020 stanovené tímto dokumentem jsou:

- a) posílení digitální ekonomiky odlišným regulačním přístupem s důrazem na samoregulační mechanismy vzhledem ke specifičnosti internetového prostředí, které fakticky nezná hranice a na něž nelze pohlížet stejnou optikou jako na tradiční ekonomiku

- b) podpora rozvoje vysokorychlostních přístupových sítí k internetu umožňující přenosové rychlosti v souladu s cíli Digitální agendy 30 Mbit/s do roku 2020 pro všechny obyvatele a 100 Mbit/s minimálně pro polovinu domácností

- c) efektivní využití rádiového spektra ve prospěch koncových uživatelů, k čemuž má vést Strategie správy rádiového spektra

Dokument DAE – Digitální program pro Evropu, KOM (2010)245 v konečném znění uvádí:

Kapitola 2.4.

Klíčové opatření č. 8:

Členské země by měly:

provádět evropský program v oblasti rádiového spektra, aby bylo zajištěno koordinované přidělení spektra nezbytné k dosažení cíle, kterým je úplné pokrytí internetem o rychlosti 30Mb/s do roku 2020, a rovněž provádět doporučení ohledně NGA.

Dokument DAE – Digitální program pro Evropu, KOM (2010)245 v konečném znění uvádí:

Příloha 2: Klíčové výkonnostní cíle

1. Cíle v oblasti širokopásmové infrastruktury:

Základní širokopásmové připojení pro všechny do roku 2013:

-100% pokrytí širokopásmového připojení pro všechny občany EU. (Výchozí údaje: celkové pokrytí DSL /v % celkového počtu obyvatel EU/ dosáhlov prosinci 2008 93 %.)

-Rychlé širokopásmové připojení do roku 2020: 100% pokrytí širokopásmového připojení o rychlostech 30 Mbps nebo vyšších pro všechny občany EU. (Výchozí údaje: 23 % širokopásmových připojení dosahovalo v lednu 2010 rychlosti alespoň 10 Mbps.)

- Superrychlé širokopásmové připojení do roku 2020: 50 % evropských domácností by mělo mít připojení o rychlosti přesahující 100 Mbps. (Bez výchozích údajů.)

Budoucnost využívání kmitočtového spektra v kmitočtovém pásmu 5 GHz

Na výchozí dokument EC DAE navazuje další dokument, kterým je **Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 243/2012/EU ze dne 14. března 2012 o vytvoření víceletého programu politiky rádiového spektra (RSPP – Radio Spectrum Policy programme).**

V tomto dokumentu bylo stanoveno jako cíl **vyhradit pro bezdrátové vysokorychlostní komunikace 1 200 MHz spektra.**

Dokument rovněž Komisi ukládá, aby do 1. ledna 2015 předložila zprávu, zda je pro bezdrátové širokopásmové komunikace zapotřebí harmonizovat další kmitočtová pásma.

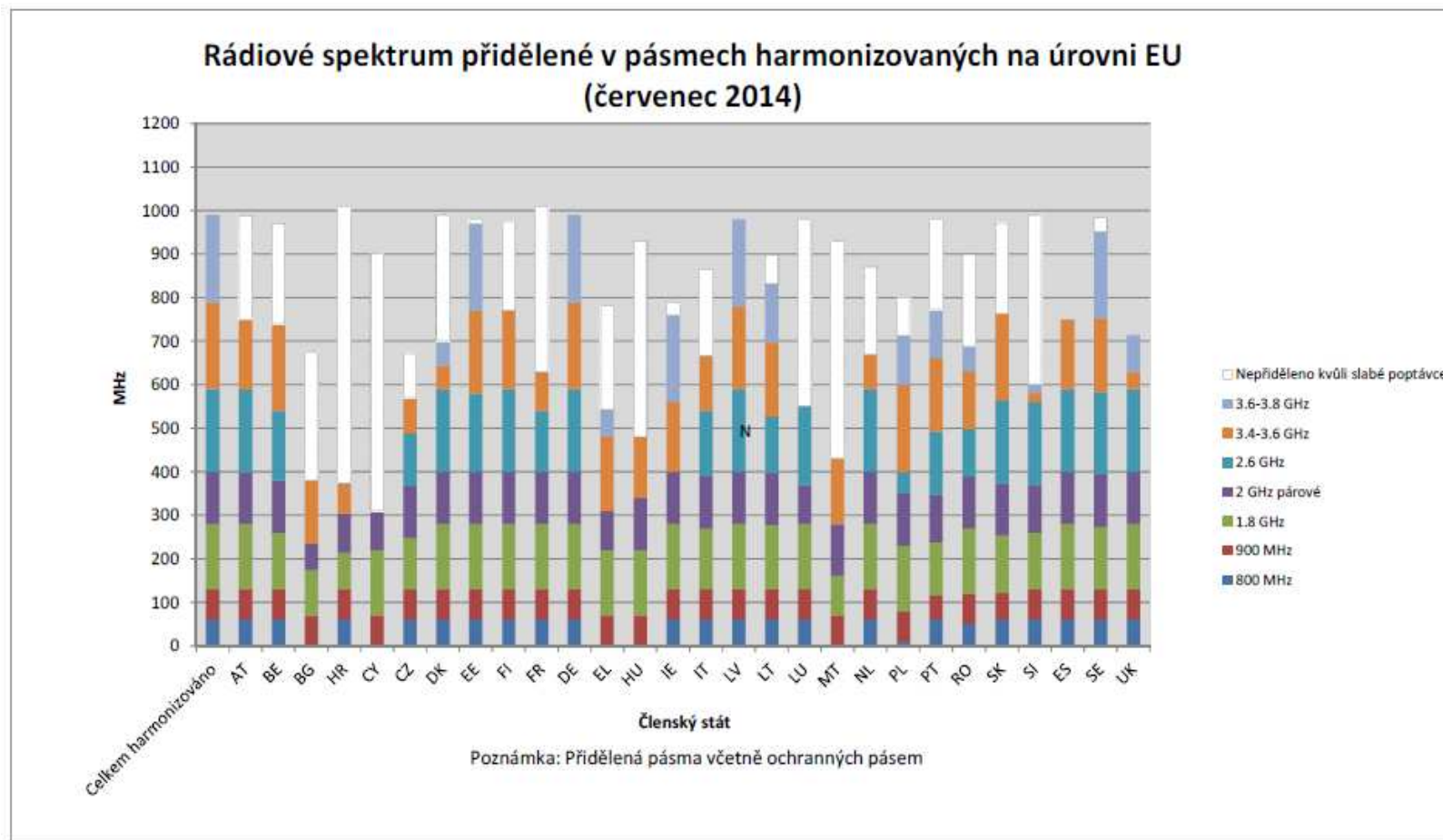
Odpověď na úvodní otázku:

1. Rádiové přístupové sítě mají budoucnost v ČR i v zemích Evropy
2. Bude nutno řešit dosažitelnou rychlost a tedy i objem využitelného rádiového spektra v pásmu 5GHz pro rádiové přístupové sítě

Situace v ČR – zajímavá fakta **A**

Zpráva Komise Evropskému parlamentu a Radě o registru rádiového spektra KOM (2014) 536 v konečném znění, v Bruselu dne 1. 9. 2014,

Obr. 6 – Kmitočtové spektrum přidělené pro rádiové vysokorychlostní komunikace v pásmech harmonizovaných na úrovni EU



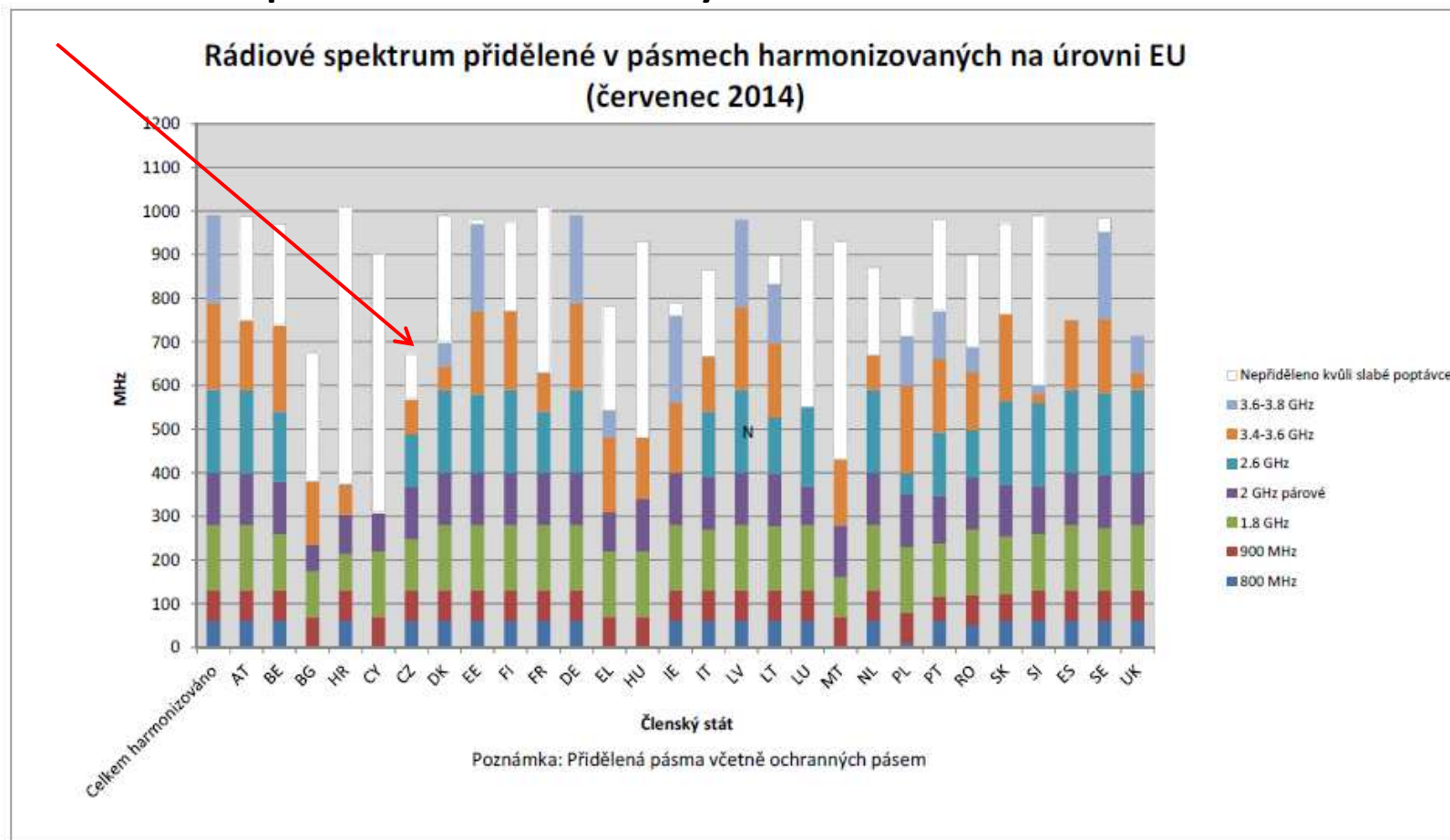
Budoucnost využívání kmitočtového spektra v kmitočtovém pásmu 5 GHz

V současnosti (odhad ČTÚ) - v ČR nejméně 1 300 provozovatelů rádiových přístupových sítí, 140 000 rádiových přístupových bodů a spojů bod – bod - **1 100 00 uživatelů** rádiového přístupu k síti internet

Podle dostupných údajů tedy stojí Česká republika na vedoucí pozici mezi evropskými státy z hlediska využívání rádiových přístupových sítí ke službám internetu.

Přesto mají poskytovatelé služeb a zároveň provozovatelé rádiových sítí v ČR jednoznačně k dispozici nejmenší objem kmitočtového spektra v porovnání.

Obr. 6 – Kmitočtové spektrum přidělené pro rádiové vysokorychlostní komunikace v pásmech harmonizovaných na úrovni EU



Tato skutečnost dokladuje mimo jiné mimořádnou efektivitu a sílu tohoto tržního segmentu v podmínkách ČR a zároveň ukazuje na efektivní funkčnost samoregulačních mechanismů.

Budoucnost využívání kmitočtového spektra v kmitočtovém pásmu 5 GHz

Efektivita využití rádiového spektra v pásmu 5 GHz. **B**

V exponovanějších lokalitách s hustějším osídlením obsazení kmitočtového spektra již přesahuje 90%.

Efektivita vlastního využívání kmitočtového spektra se však pohybuje v rozsahu odhadem 60% - 65%.

Důvodem je zejména neexistence systematických koordinačních aktivit v naprosté většině všech geografických lokalit.

TSM – Jednotný evropský telekomunikační trh **C**

Využití rádiových přístupových sítí hraje ve strategických dokumentech na národní i evropské úrovni nezanedbatelnou roli.

avšak POZOR

návrhy spojené s vytvářením TSM **ponechávají stranou** „velkodosahové“ sítě RLAN (WiFi), tak jak je známe v ČR.

Reprezentace Wireless ISP v ČR **D**

Není jednotná reprezentace (obdoba ČAEK, APVTS, APKT, APMS)

*„V současnosti (odhad ČTÚ) - v ČR nejméně 1 300 provozovatelů rádiových přístupových sítí, 140 000 rádiových přístupových bodů a spojů bod – bod **1 100 00 uživatelů** rádiového přístupu k síti internet“.*

<http://www.ispalliance.cz/>

<http://www.internetprovsechny.cz/>

USA

<http://www.wispa.org/>

819 členů, 46 mimo USA, Mikrotik – Lotyšsko, RF elements – Humenné SK

- **V žádném případě nedovolit, aby dnes funkční a prosperující tržní segment rádiových přístupových sítí v pásmu 5 GHz byl v ČR nekoncepčními zásahy v oblasti regulace utlumen.**
- **V souladu se strategickými záměry na národní i evropské úrovni by co nejdříve vzhledem k uvedeným časovým horizontům a s ohledem na další vývoj evropské kmitočtové koordinace (WRC2015) měly být uvolněny další části kmitočtového spektra k využití rádiovými přístupovými systémy.**

- **V nově uvolněných částech kmitočtového spektra by měly být uplatněny nové přístupy k jejich využití jako např. jejich tzv. „sdílené využívání“. V každém případě by měly být upřednostněny veškeré postupy podporující dostupné samoregulační mechanismy s cílem dosáhnout vyššího stupně efektivity využívání kmitočtového spektra než doposud.**
- **Měly by být podpořeny další úrovně obchodního využití již provozovaných rádiových přístupových systémů v kmitočtovém pásmu 5 GHz, kterými jsou například off – load aktivity, a to společně s operátory mobilních sítí nejnovějších generací**

- Na evropské úrovni by při tvorbě strategických a rozvojových dokumentů a při přípravě doporučení pro nařízení a rozhodnutí EU měla být důsledně prezentována přesná fakta o skutečném stavu a pozici tržního segmentu rádiových přístupových systémů v pásmu 5 GHz v ČR.

Děkuji za pozornost.

Jan Kramosil, jan.kramosil@riomedia.cz, +420 775 802 703