

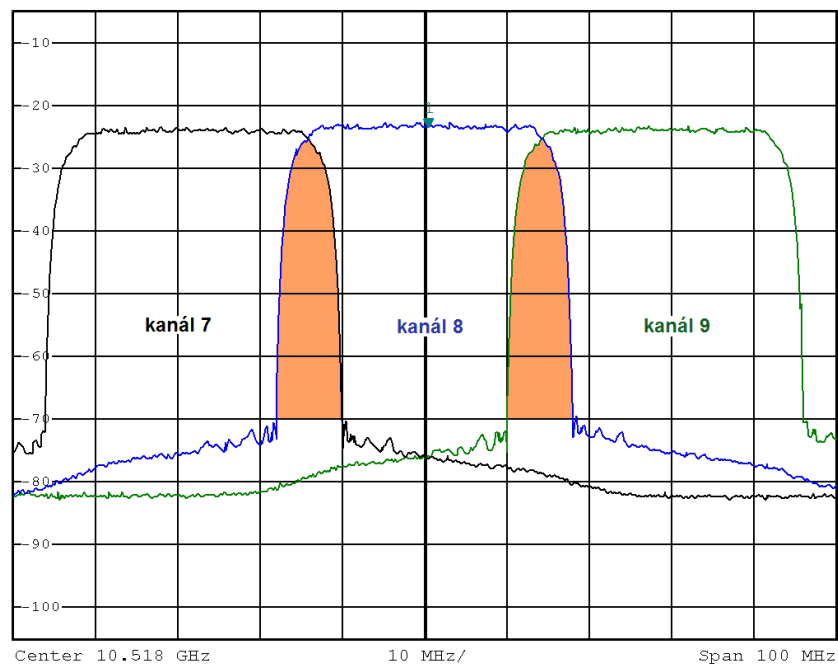
Úvod

Všeobecné oprávnění VO-R/14/X bylo a stále je velmi výrazným příspěvkem k rozvoji ISP. Přestože množství PtP spojů provozovatelných na tomto pásmu je teoreticky téměř neomezené, v praxi je využitelná kapacita pásma limitována vzájemným rušením. Pokrok v dostupných technologiích v posledních letech vede spíše ke zhoršení situace, protože s nástupem komplexních modulací s vysokým počtem stavů (QAM128, 256) stoupají požadavky na "čistotu" kanálu. Pokročilé technologie ovšem také umožňují dosahovat lepších parametrů v oblastech, které jsou klíčové pro minimalizaci vzájemného rušení. Cílem tohoto textu je upozornit na ty nejdůležitější z nich a stručně vysvětlit jejich význam. Vzájemné "soužití" PtP spojů ovšem nezávisí jen na technických parametrech použitých zařízení, proto nejdřív krátce shrneme další podstatné příčiny vzájemného rušení v pásmu 10 GHz.

1. Hlavní příčiny vzájemného rušení v pásmu 10 GHz

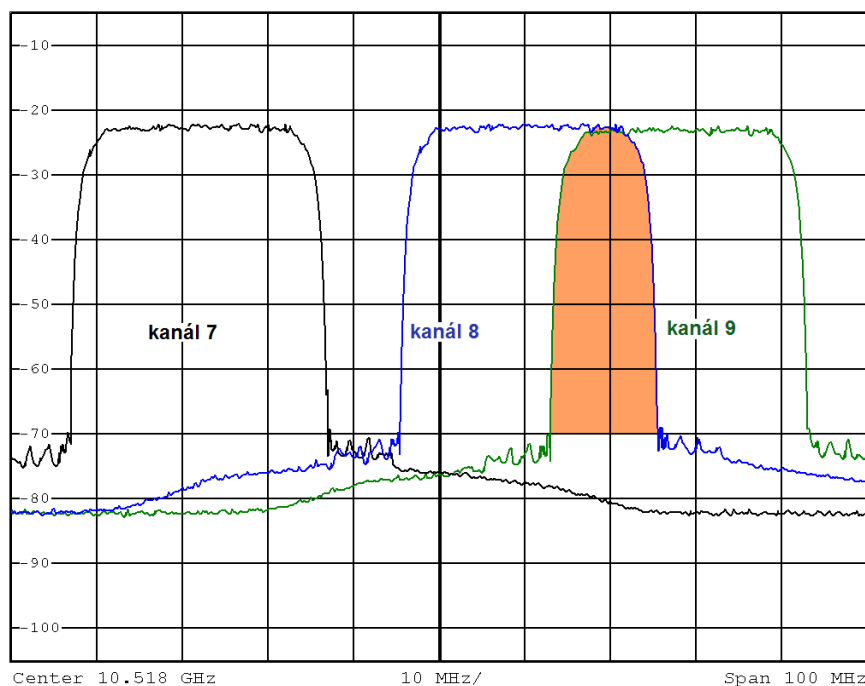
1.1. Nerespektování VO-R/14/X

VO ponechává využití pásma na vzájemné dohodě uživatelů. To je samozřejmě základní princip, který ovšem v praxi vede k chaosu. Nicméně úplný chaos to není. VO jasně definuje kanálování pásma, což je vůbec nejdůležitější věc z pohledu onoho vzájemného soužití. Nedodržování předepsaného kanálování je v zásadě dvojího druhu. Pokud je můj signál "širší" než má být, znehodnotím oba sousední kanály – viz. obr.1.



Obr. 1. - ukázka vzájemného rušení (vyznačeno oranžově) při nedodržení předepsané šířky spektra vysílaného signálu.

"Soused" na to může reagovat tak, že svůj vysílač "popoladí" bokem, čímž znehodnotí další sousední kanál - viz obr. 2.



Obr. 2. - ukázka vzájemného rušení (vyznačeno oranžově) při nedodržení předepsaného středního kmitočtu rádiového kanálu.

Uvedené příklady jsou bohužel velmi častým jevem v pásmu 10 GHz a výrazně snižují jeho kapacitu. Přítom jakékoliv vybočení z definovaných kanálů (= rušení) je jednoznačně porušením VO, tedy porušením zákona, a tedy postižitelné. Pokud o tomto výkladu VO někdo pochybuje, oficiální vyjádření ČTÚ je v příloze 1.

VO omezuje i výkon vysílače, což je opět důležitý parametr pro vzájemné soužití. Naštěstí jsou opravdu velké výkony v 10 GHz nedostupné (protože drahé) a prakticky se nepoužívají.

Dalším důležitým nástrojem, který nám VO dává, je definice minimální úrovně technických parametrů zařízení, které smíme v pásmu 10 GHz provozovat. Tou je standard ETSI 302 217 2-2. Jeho splnění zaručuje (mimo jiné) minimální nutnou úroveň ochrany před vzájemným rušením, kterou zařízení musí poskytnout. Provozování zařízení, které standard ETSI 302 217 2-2 neplní (= ruší), je porušením VO, tedy porušením zákona, a tedy postižitelné. Pro pochybující opět oficiální vyjádření vydavatele VO v příloze 1.

Respektování zákonů bývá v právním státě samozřejmost pro většinu populace, plus/mínus nějaká ta jízda rychlostí 55 km/h v uzavřené obci. Na "desítce" se zatím běžně jezdí na červenou či v protisměru. To je špatně pro všechny zúčastněné, proto je docela slušná naděje, že se situace bude zlepšovat.

1.2. Absence plánování

S tímto problémem se bohužel nedá dělat téměř nic, jen si jej uvědomovat. Plné využití kapacity pásma by znamenalo pečlivé plánování využití kanálů na jednotlivých lokalitách. To není možné bez centrální autority a taková z principu neexistuje. Takže snad jedině na místech, kde je jeden uživatel pásma ve výrazné převaze, by teoreticky mohl ostatním (pro jejich dobro) vnutit nějakou organizaci kanálů. V praxi to nejspíše nebude fungovat ani takto.

Nicméně rezervy jsou i zde, protože jsou uživatelé, kteří ke své vlastní škodě porušují i ty nejzákladnější principy využívání duplexních párů. Vyjmenovávat všechny nešvary v tomto

materiálu nebudeme, jenom upozorníme na jeden parametr plánování spojů, který má velký význam pro techniku a následně i legislativu. Za jinak stejných podmínek lze významně snížit úroveň vzájemného rušení využitím principu střídání polarizací na sousedních kanálech (ACAP, Adjacent Channel Alternate Polarization). Pro tento případ standard ETSI 302 217 2-2 umožňuje vyrábět a provozovat zařízení s rychlostí nad 150 Mbit/s podle výrazně měkčích limitů (širší maska, nižší selektivita v sousedním kanále, dokonce i nižší citlivost) a tím dosáhnout vyšší přenosové rychlosti. To je ovšem možné jen ve velmi pečlivě organizovaných a plánovaných sítích, kde má příslušný provozovatel všechny lokality plně pod kontrolou. VO-R/14/X používání polarizace žádným způsobem nedefinuje ani neomezuje, proto nasazení zařízení určeného pro ACAP vede ke zvýšení hladiny vzájemného rušení. Navíc použitím principu ACAP při obsazování pásma se připravujeme o možnost pozdějšího zdvojnásobení kapacity využitím obou polarizací na jednom kanále.

Přesto se zařízení navržená pro ACAP na 10 GHz používají. Jestli to je, nebo není porušením VO je otázka pro právníka, porušení základních zásad plánování spojů je to zcela nepochybně. Jelikož se tento problém týká pouze vysokorychlostních spojů (QAM 128, 256), je těchto případů zatím omezené množství. Každopádně lze jen důrazně doporučit zařízení určená pro ACAP na 10 GHz nepoužívat, navýšení propustnosti v řádu jednotek procent nestojí za snížení spolehlivosti spoje následkem vyšší citlivosti na rušení.

1.3. Nekvalitní instalace

Kvalitou instalace z pohledu vzájemného rušení nemyslíme např. kvalitu datového kabelu, ale především způsob umístění antén v dané lokalitě. Mnohokrát by stačilo pouze všechny ty antény optimálně „přeskládat“, a problém s rušením by zmizel. Konkrétní rozbor problematiky umístění antén je mimo rámec tohoto textu.

1.4. Použití nevyhovujících antén

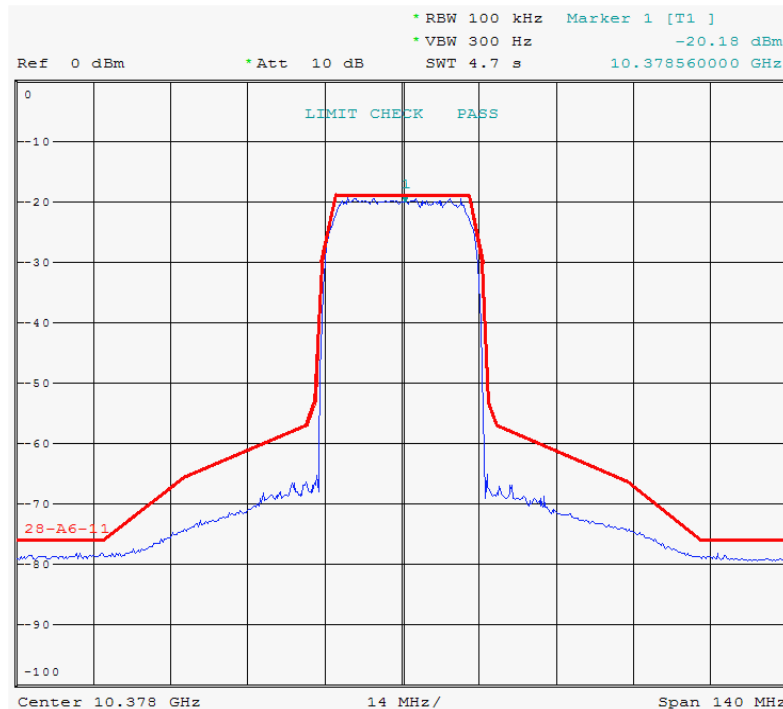
Velký vliv na vzájemné rušení mají parametry antén. Naštěstí existuje velmi jednoduchý parametr - třída antény, neboli Class. Používat antény s Class 2 (nejméně) od seriálních výrobců by mělo být samozřejmostí. Class 2 je nejnižší třída, kde jsou nějak zaručeny úrovně vyzařování v nežádoucích směrech. Bohužel třída antény a její cena jsou přímo úměrné veličiny. Šetřit na anténách se ale většinou nevyplácí.

1.5. Parametry zařízení pro 10 GHz důležité pro vzájemné rušení

Ted' to hlavní, čím se chceme zabývat - parametry vlastního mikrovlnného zařízení. Pro zjednodušení vynecháme případ práce dvou spojů na stejných kanálech a rušení mezi různými pásmy. Nejzajímavější jsou případy, kdy rušící zařízení vysílá na kanále X a rušené přijímá na (blízkém) kanále Y. Rušící vysílač produkuje nějakou nežádoucí energii i v kanále Y a přijímači "vadí" signál v kanále X, i když by ho vlastně neměl zajímat. Důsledky obou mechanismů rušení se sčítají. Základní parametry postihující uvedené problémy definuje standard takto:

1.6. Kanálová maska vysílače

Kanálová maska vysílače definuje maximálně přípustné rozložení výkonu (nebo spektrální výkonové hustoty) v jednotlivých částech rádiového kanálu a jeho okolí. Je definována v normě pro každý typ modulace, šířky kanálu a mód provozu (ACCP – ACAP) tak, aby bylo možno dosáhnout co nejvyšší přenosové rychlosti při ještě akceptovatelné úrovni rušivých produktů ve vedlejších i vzdálenějších kanálech. Překročení limitů masky by znamenalo, že takové zařízení by rušilo své sousedy i v případě, že sousední zařízení (jeho přijímač) plní normu a antény byly správně nainstalovány. Příklad kanálové masky a spektrum vysílaného signálu které je touto maskou limitováno je uveden na obr. 3.

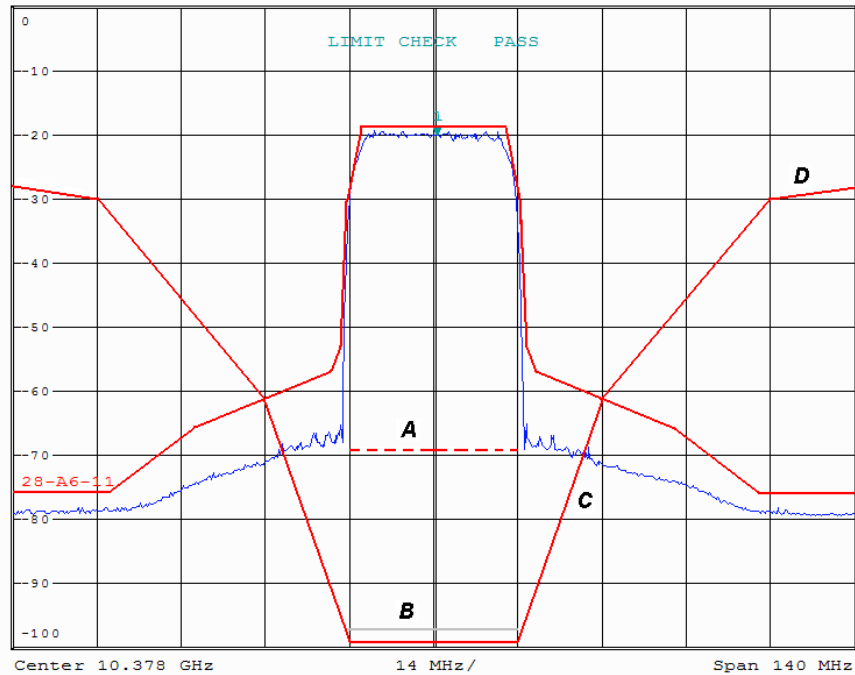


Obr. 3. - ukázka kanálové masky vysílače (vyznačená červeně). Jedná se o masku pro třídy zařízení 5B ACCP, podle ETSI EN 302 217-2-2.

1.7. Odolnostní parametry přijímače

Odolnostní parametry přijímače jsou pro „vzájemné soužití“ spojů úplně stejně důležité jako kanálová maska vysílače. Jejich limity požadované normou korespondují s kanálovou maskou, tedy nesplnění jedné nebo druhých má stejné důsledky pro vzájemné rušení. Odolnostní parametry přijímače jsou v normě definovány tři:

- **Citlivost na rušení ve vlastním kanále** (*Co-channel interference sensitivity*) vyjadřuje, jaký odstup rušivého signálu přijímač „snese“ ve vlastním kanále; Na obr. 4 je hodnota tohoto parametru pro konkrétní mód zařízení označena písmenem B.
- **Citlivost na rušení ve vedlejším kanále** (*Adjacent channel interference sensitivity*) říká tentýž odstup s tím rozdílem, že rušení je na kmitočtech v nejbližších sousedních kanálech; obr. 4, C.
- **Blokování** (*CW spurious interference*) vyjadřuje potřebný odstup rušivého signálu – v tomto případě se jedná o rušení nedomulovaným signálem – ve vzdálenějším kmitočtovém okolí; Obr. 4, D.



Obr. 4. - ukázka kanálové masky vysílače a „masky“ odolnostních parametrů zařízení 28 MHz a 256QAM. A – označuje deklarovanou hodnotu datové citlivosti.

Zkusme si to přepočítat pro 256QAM a rušení ve vedlejším kanále. Norma říká, že přijímač musí snést ve vedlejším kanále o 5 dB silnější signál, aniž by došlo k významnému zhoršení citlivosti (max. 1 dB). Pro zachování citlivosti -68 dBm tedy signál přijímaný v sousedním kanále smí mít -63 dBm. Plní-li tento signál přesně kanálovou masku, bude výkon v jeho sousedním, tedy mém přijímaném kanále, zhruba o 40 dB nižší, tedy -103 dBm. Limit pro signál, který přijímač musí snést ve vlastním kanále, je -35 dBm. Tedy v absolutním čísle -68 -35 = -103 dBm. To není náhoda, to jenom u psaní normy její autoři přemýšleli a počítali. Podobně to vychází i v ostatních situacích.

Přestože všechny tři výše uvedené parametry jsou stejně důležité, jeden z nich si zaslouží zvláštní pozornost - citlivost na rušení v sousedním kanále. Kromě nezpochybnitelného praktického významu má ještě jednu velmi zajímavou vlastnost. Dosahuje-li zařízení velmi dobrých hodnot citlivosti na rušení v sousedním kanále, tak při standardní koncepci celého zařízení máme vysokou jistotu, že i ostatní důležité parametry jsou v pořádku. A pokud při měření použijeme jako zdroj rušícího signálu totožný typ zařízení (což standard nepřímo vyžaduje), tento jediný parametr obsáhne oba výše uvedené mechanismy rušení. Limity standardu jsou nastaveny tak, že zařízení které je plní, umožní nasadit dva stejné spoje vedle sebe na stejné trase na sousedních kanálech. Pro mód ACCP a rychlost 150 Mbit/s je limit -5dB, zařízení tedy musí pracovat i když signál na sousedním kanále je o 5 dB silnější, než signál užitečný. Pro nižší rychlosti jsou limity standardu tvrdší.

Dalším velmi důležitým parametrem v praxi je citlivost na rušení signálem v opačné části duplexních párů, protože tam vysílají místní vysílače všech spojů na dané lokalitě (tedy dobře zorganizované lokalitě). Standard toto žádným speciálním parametrem nedefinuje, nejspíše proto, že z technického principu duplexního spoje musí každý přijímač umět potlačit především signál vlastního vysílače, a tím se vypořádá i s těmi okolními. To nutí výrobce používat kvalitní duplexery a neměl by s tímto druhem rušení nastat problém. Bohužel kvalitní duplexer je výrobně drahý a povolený výkon na 10 GHz velmi nízký. To dává motivaci i určitý prostor k použití řekněme "neortodoxních" metod oddělení signálu vlastního vysílače bez použití kvalitního duplexeru, typicky použitím rozdílné



Obr. 5. - ukázka instalace mikrovlnných spojů ve stejném směru.

polarizace na přijímači a vysílači. Kromě toho, že používání takového zařízení vede na neefektivní využití spektra, je možnost splnění všech parametrů standardu platného pro 10 GHz na vyšších rychlostech spíše jen teoretická. Kvalitní duplexer je nezbytnou součástí každého zařízení, které má obstát na obsazené lokalitě v pásmu 10 GHz. Bohužel není možno definovat jeden parametr, který by kvalitu duplexeru postihoval. S velkou jistotou však najdete kvalitní duplexer v zařízení, které plní standard na všech kanálech, za všech teplot, s plným výkonem a na vysokých rychlostech.

Závěr

Pro minimalizaci vzájemného rušení v pásmu 10 GHz je třeba dodržovat tyto nejdůležitější zásady:

- respektovat všechna ustanovení VO-R/14/X, především **dodržovat kanálování**
- na lokalitě **optimálně instalovat antény**
- používat **antény**, které splňují alespoň **Class 2** (V případě pochybností nebát se po výrobci vyžadovat doložení příslušných měřicích protokolů)
- používat **pouze spoje**, které splňují **standard ETSI 302 217 2-2 ve všech bodech** (viz. prohlášení o shodě dodané výrobcem. V případě pochybností nebát se po výrobci vyžadovat doložení příslušných měřicích protokolů)
- z **technických parametrů** spoje sledovat především:
 - **kanálovou masku vysílače**
 - **citlivost na rušení v sousedním kanále přijímače**
 - **kvalitu použitého duplexeru**
- **nepoužívat** zařízení pracující v módu **ACAP**

Na úplný závěr ještě jedna důležitá poznámka – dodržování výše uvedených zásad pomáhá i jednostranně. Tedy vyplatí se je dodržovat, i když konkurenti to z nějakých důvodů nedělají. Odměnou vám bude spolehlivý provoz Vaší páteří sítě.



Český telekomunikační úřad

se sídlem Sokolovská 219, Praha 9
poštovní přihrádka 02, 225 02 Praha 025



RACOM s.r.o.
Jiří Hruška, CEO
Mirová 1283
592 31 Nové Město na Moravě

Váš dopis značky / ze dne
- / 7. 12. 2009

Naše značka
107 834/2009-613

Vyřizuje / telefon
Ing. Macek / 224 004 576
macekj@ctu.cz

Praha
9. 12. 2009

Dotaz ke všeobecnému oprávnění č. VO/R-14/12.2006-38

Jak jsme Vám již sdělili e-mailem 4. prosince 2009, souhlasíme s Vaším názorem, že aktuálně platnou harmonizovanou normu zahrnující požadavky článku 3.2 směrnice 1999/5/EC (tj. ČSN ETSI EN 302 217-2-2), lze považovat za harmonizovanou normu vztahující se ke všeobecnému oprávnění č. VO-R/14/12.2006-38 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení v pásmu 10 GHz místo normy ČSN ETSI EN 301 751, uvedené v pozn. 2 tohoto všeobecného oprávnění. (U normy ETSI EN 301 751 byla ukončena platnost v systému ETSI, v systému ČSN dosud platnost ukončena nebyla.)

V případném dalším vydání všeobecného oprávnění bude odkaz na normu aktualizován.

Ing. Jiří Duchač
ředitel odboru
správy kmitočtového spektra



Č e s k ý t e l e k o m u n i k a č n í ú ř a d

se sídlem Sokolovská 219, Praha 9
poštovní přihrádka 02, 225 02 Praha 025

RACOM s.r.o.
Jiří Hruška, CEO
Mírová 1283
592 31 Nové Město na Moravě

Váš dopis značky / ze dne
– / 7. 7. 2010

Naše značka
93 094/2010-613

Vyřizuje / telefon
Ing. Macek /224 004 576
macekj@ctu.cz

Praha
13. 7. 2010

Dotaz k výkladu všeobecného oprávnění č. VO/R-14/12.2006-38

Rozdělení kmitočtů v pásmu 10 GHz podle všeobecného oprávnění č. VO-R/14/12.2006-38 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení v pásmu 10 GHz a umístění kmitočtových kanálů je možné přesně tak, jak uvádíte ve Vaší tabulce – příloha 1 k Vašemu dopisu ze dne 7. července 2010. Jiné umístění středů kanálů není možné.

Vzhledem k tomu, že definice umístění kmitočtů ve stávajícím všeobecném oprávnění není zcela přehledná, budeme Váš dopis považovat současně za podnět k úpravě znění při budoucí aktualizaci všeobecného oprávnění.

Ing. Jiří Duchač
ředitel odboru
správy kmitočtového spektra

...the broadest narrowband money can buy



IČ: 46343423
DIČ: CZ46343423
Zápis: obchodní rejstřík Krajského
soudu Brno, oddíl C, vložka 5371

Vyřizuje: M.Oujezdský
Telefon: 602 561 064
E-mail: martin.oujezdsky@racom.eu

**Český telekomunikační úřad
Odbor správy kmitočtového spektra**

poštovní přihrádka 02

225 02 Praha 025

Věc: Ujištění o správném výkladu ustanovení Všeobecného oprávnění VO-R/14/12.2006-38 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení v pásmu 10 GHz

Vážený,

množí se nám požadavky zákazníků na možnost posouvání středů kanálů v pásmu 10,3 až 10,6 GHz u zařízení určených pro trh v ČR a provozovaných podle VO-R/14/12.2006-38.

Podle našeho chápání článku 2, písmeno c) a e) výše zmíněného všeobecného oprávnění je možné používat výhradně kmitočty středů kanálů č. 1 až 10, které jsou uvedené v tabulce podle písmene c) s případným posunem o ± 7 MHz pro 14 MHz kanály nebo $\pm 3,5$ MHz pro 7 MHz kanály podle písmene e) odvozené od středů kanálů kmitočtů č. 1 až 10 (včetně kanálů s indexem a).

Kanály s indexem a slouží pouze pro výpočet jmenovitého středu kmitočtu pro šířky pásma 7 a 14 MHz a není je možné použít jako jmenovité středy kmitočtů pro žádnou šířku pásma.

Všechny použitelné jmenovité kmitočty středů kanálů pro jednotlivé šířky kanálů jsme pro vyloučení nedorozumnění zpracovali do tabulky, kterou uvádíme v příloze 1. V této tabulce si nejsme jisti použitím okrajových kanálů pro šířku kanálu 7 MHz (jmenovité středy kanálů 10311,5 MHz, 10416,5 MHz, 10479,5 MHz a 10284,5 MHz). Z logiky tvorby subkanálů vychází, že by je mělo být možné použít, ale výpočtem uvedeným pod písmenem e) se k nim dojít nedá. Dále není jasné, jestli je možné kanál 0 rozdělit na dva 7 MHz subkanály a proto předpokládáme, že to možné není.

Rádi bychom vás požádali o ujištění o tom, že naše tvrzení, že pokud jsou využívány jiné jmenovité kmitočty středů kanálů než je uvedeno v tabulce přílohy 1, je zařízení provozováno v hrubém rozporu s VO-R/14/12.2006-38, je správné.

S pozdravem

Jiří Hruška, CEO
RACOM s.r.o.

Příloha 1

Tabulka kmitočtů použitelných podle VO-R/14/12.2006-38

Šířka kanálu*	Jmenovitý kmitočet středu kanálu [MHz]																
28 MHz	0	1				2				3				4			
		10322				10350				10378				10406			
14 MHz	10308	10315		10329		10343		10357		10371		10385		10399		10413	
7 MHz	10308	10311,5	10318,5	10325,5	10332,5	10339,5	10346,5	10353,5	10360,5	10367,5	10374,5	10381,5	10388,5	10395,5	10402,5	10409,5	10416,5
		1a				2a				3a							

Šířka kanálu*	Jmenovitý kmitočet středu kanálu [MHz]																
28 MHz	7				8				9				10				
	10490				10518				10546				10574				
14 MHz	10483		10497		10511		10525		10539		10553		10567		10581		
7 MHz	10479,5	10486,5	10493,5	10500,5	10507,5	10514,5	10521,5	10528,5	10535,5	10542,5	10549,5	10556,5	10563,5	10579,5	10577,5	10584,5	
		7a				8a				9a							

* Maximální šířka pásma zabraného vysíláním