



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra telekomunikační techniky**

**Vybrané problémy správy kmitočtového spektra v nastávajícím
období**

**Selected problems of frequency spectrum management in upco-
ming period**

Diplomová práce

Studijní program: Komunikace, Multimédia, Elektronika
Studijní obor: Sítě elektronických komunikací

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Brabec, CSc.

Bc. Jiří Penčák

Praha 2014

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra telekomunikační techniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Penčák Jiří**

Studijní program:
Obor: Sítě elektronických komunikací

Název tématu: **Vybrané problémy správy kmitočtového spektra v nastávajícím období**

Pokyny pro vypracování:

Kmitočtové spektrum je jedním z přírodních zdrojů, jehož kapacita je omezena a jeho využívání je administrativně usměřňováno. V nadcházejícím období se očekává masový nárůst elektronických zařízení s technologiemi, které využívají kmitočtové spektrum. Vaším úkolem je identifikovat problémy, které je potřeba řešit, aby omezení ve využívání kmitočtového spektra nebránilo rozvoji nasazování nových technologií. Výstupem práce bude seznam konkrétních faktorů, které je třeba brát v úvahu při jejich nasazování do praxe a seznam konkrétních kroků je třeba učinit v oblasti plánování kmitočtového spektra.

Práci koncipujte tak, aby byla nejen přehledným vodítkem, ale i praktickým návodem, pro vývojové skupiny, které řeší, či budou řešit, otázky spojené s nasazováním nových bezdrátových technologií do praxe. Práce bude především zaměřena na oblast veřejně dostupných služeb elektronických komunikací v ČR, ale s ohledem na povahu problému, musí vycházet z mezinárodního kontextu.

Seznam odborné literatury:

- [1] Český telekomunikační úřad: Plán přidělení kmitočtových pásem (národní kmitočtová tabulka). Dostupné z.: <http://www.ctu.cz/predpisy-a-opatreni/kmitoctova-tabulka.html>
- [2] International Telecommunication Union Radio Regulations. Edition of 2008. Dostupné z: <http://www.itu.int/pub/R-REG-RR-2008>
- [3] Materiály studijní skupiny 1 (SG 1); Spectrum Management; sektoru ITU-R Mezinárodní telekomunikační unie (ITU). Další informace sdělí a přístup k materiálům udělí vedoucí práce.
- [4] Materiály CEPT; Electronic Communication Committee. Dostupné z: <http://www.cept.org/ecc>

Vedoucí: Ing. Zdeněk Brabec, CSc.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2014/2015

prof. Ing. Boris Šimák, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 20. 11. 2013

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou prací zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a konzultanta a používal jsem pouze literaturu v práci uvedenou. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé diplomové práce nebo její části se souhlasem katedry.

Datum: 12. 5. 2014

.....
podpis studenta

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Zdeňku Brabcovi, CSc., za jeho odbornou pomoc, cenné rady, trpělivost, věnovaný čas a vstřícnost při zpracování této diplomové práce.

Anotace:

Tato diplomová práce se zabývá správou kmitočtového spektra využívaným v mobilních telekomunikacích v ČR. Strukturovaně popisuje kmitočtové spektrum, principy správy kmitočtového spektra, poplatky spojené s kmitočtovým spektrem. Dále jsou rozebrány některé potíže správy spektra, které brání v nasazování nových technologií v oblasti služeb mobilních komunikací. Jedná se o přerozdělení stávajících kmitočtů, sdílení sítí, ukončení provozu sítí GSM a vliv asymetrického datového provozu v mobilních sítích. Dále je připojen autorův názor k řešení těchto potíží a možné budoucí potíže se správou kmitočtového spektra.

Klíčová slova:

Správa kmitočtového spektra, spektrum, LTE, GSM, LTE Advanced, využívané kmitočty, ITU, ČTÚ, CEPT, přerozdělení, 3G, 4G, FDD, TDD

Summary:

This final thesis deals with the management of the frequency spectrum used by mobile telecommunications in the Czech Republic. Structured describes the radio frequency spectrum management, principles of spectrum, fees associated with the frequency spectrum. Further analyzes some problems of spectrum management that prevented the deployment of new technologies in the field of mobile communications. It is a reallocation of existing frequencies, network sharing, closure GSM networks and the impact of asymmetric data traffic in mobile networks. Next is connected the author's view to solving these problems and possible future problems with the frequency spectrum management.

Index Terms:

Spectrum management, spectrum, LTE, GSM, used frequencies, ITU, CTU, CEPT, refarming, 3G, 4G, FDD, TDD

Obsah

Obsah	6
1 Úvod	8
2 Správa kmitočtového spektra	10
2.1 Rozdělení kmitočtového spektra	11
2.2 Správci kmitočtového spektra	13
2.3 Cíle správy spektra	18
2.3.1 Harmonizace	20
2.4 Postupy ve správě spektra	21
2.5 Poplatky za spektrum	24
2.5.1 Jednorázové poplatky	25
2.5.2 Pravidelné poplatky	29
3 Problémy moderní správy spektra.....	32
3.1 Sdílení spektra a sítí.....	32
3.2 Vliv asymetrického provozu na správu spektra	34
3.3 Množství spektra	38
3.3.1 Změny v pásmu pro televizní vysílání.....	39
3.3.2 Pásmo pod 1000 MHz	40
3.3.3 Pásmo nad 1000 MHz	40
3.3.3.4 Bezlicenční pásma pro sítě FWA/BWA, WiFi	42
3.4 Přerozdělení stávajícího kmitočtového spektra.....	45
3.4.1 Souhrn využívaných kmitočtů v oblasti služeb elektronických komunikací	46
3.4.2 Obsazení jednotlivých pásem	47
3.4.3 Proces přerozdělení spektra	51
3.4.4 Přerozdělení v pásmu 900 MHz	57
3.4.5 Přerozdělení v pásmu 1800 MHz	63

3.4.6 Řízení procesu přerozdělení kmitočtů	66
3.4.7 Technická opatření přerozdělení kmitočtů.....	67
3.5 Ukončení GSM sítě	68
4 Závěr	71
5 Seznam použité literatury	73
6 Seznam obrázků.....	80
7 Seznam tabulek.....	82
8 Seznam zkratk.....	83
9 Přílohy	84

1 Úvod

Moderní doba si vyžaduje moderní technologie. Tento trend se jistě objevuje i v oblasti telekomunikací. Telekomunikace jsou jedním z nejrychleji se rozvíjejících odvětví techniky a tak se v tomto odvětví moderní technologie objevují velmi rychle. Počet zařízení využívající služby elektronických komunikací podle odhadů brzy překročí hranici 9 miliard. Ještě rychleji roste objem dat přenesených v mobilních sítích. Neustále narůstající objem přenesených dat navyšují hlavně služby nabízející sdílení videí, přenos video hovorů, sociální sítě a další. Například začínají být populární videa v rozlišení 4K, což představuje výrazný nárůst datového toku oproti Full HD.

Společně s tím, jak rostou nároky služeb a uživatelů, musí růst i nabízená kapacita. Mobilní operátoři musí neustále modernizovat své sítě, aby byli schopni pokrývat poptávku po datové kapacitě. S narůstající velikostí přenášených dat rostou nároky na přenosové rychlosti. Aby mohli operátoři vyhovět těmto požadavkům, musí vybudovat nové, výrazně rychlejší mobilní sítě a spustit v nich moderní technologie. Moderní technologie jsou ovšem také náročnější. Náročnější jsou hlavně na rádiové spektrum. Vyžadují větší kmitočtový příděl tak, aby jednotlivé vysílací nebo přijímací kanály byly širší a signál byl schopen přenést najednou větší množství dat. Rádiové spektrum je ale vzácný a neobnovitelný zdroj. Je tedy nanejvýš důležité, aby s ním bylo zacházeno co nejvíce efektivně.

Právě velikost kmitočtového přídělu pro jednotlivé služby je klíčová. Pro různé typy služeb se hodí jiná část kmitočtového spektra. Pro služby elektronických komunikací je nejvhodnější pásmo v oblasti těsně pod 1 GHz. Tato část spektra je ale nejvíce využívaná, proto je nutné v této části spektra přistoupit k některým krokům, které povedou k efektivnějšímu využití tohoto pásma. V této práci je tedy vybráno několik problémů, které mohou brzdit nasazování moderních technologií, jsou popsány a tam, kde je to možné, je navrženo řešení. V úvodní části je shrnuto základní fungování správních orgánů při správě spektra, poté následují vybrané problémy jako je přerozdělení kmitočtového spektra nebo analýza asymetrického provozu v mobilních sítích a v závěru nastínění možných budoucích potíží.

Zadání této práce je koncipováno velmi široce. Po dohodě s vedoucím práce byla zaměřena hlavně na oblast přerozdělení současného kmitočtového přídělu jednotlivých

operátorům v pásmu GSM technologiích a další potíže při budoucím nasazování nových technologií.

2 Správa kmitočtového spektra

V dnešní moderní, rychle rozvíjející se společnosti se lidstvo snaží využít čas co nejvíce naplno, ulehčit si práci a provádět ji pohodlněji a rychleji. Proto společnosti produkují jednu novou technologii za druhou a v dnešní době pokud možno v bezdrátové podobě. Bezdrátové technologie vysílají elektromagnetické neboli rádiové vlny o určitém kmitočtu a využívají určitou část v kmitočtovém spektru. Za rádiové vlny považujeme elektromagnetické vlnění o kmitočtu 10 kHz - 3000 GHz a tomuto rozsahu říkáme frekvenční (rádiové nebo kmitočtové) spektrum. Celé spektrum je rozděleno do několika kategorií podle kmitočtu (nebo vlnové délky). Každá kategorie se hodí pro jiný druh vysílání. Kmitočty jsou děleny podle státní normy ČN 345353.

Zkratka	Zkratka EN	Název	Frekvence	Vlnová délka
VDV	VLF	Velmi dlouhé vlny	3kHz - 30kHz	100km - 10km
DV	LF	Dlouhé vlny	30kHz - 300kHz	10km - 1km
SV	MF	Střední vlny	300kHz - 3000kHz	1km - 100m
KV	HF	Krátké vlny	3MHz - 30MHz	100m - 10m
VKV	VHF	Velmi krátké vlny	30MHz - 300MHz	10m - 1m
UKV	UHF	Decimetrové vlny	300MHz - 3000MHz	1m - 10cm
SKV	SHF	Centimetrové vlny	3GHz - 30GHz	10cm - 1cm
EKV	EHF	Milimetrové vlny	30GHz - 300GHz	1cm - 1mm

Tabulka 1 – Rozdělení kmitočtového spektra [47]

Z pohledu této práce je nejzajímavější pásmo UKV – pásmo decimetrových (ultrakrátkých) vln. Z fyzikálního hlediska se tyto vlny šíří vhodně pro televizní vysílání, hlavně však pro mobilní sítě tak, že s nimi lze vhodně pokrýt rozsáhlá území, bez nutnosti velkých vysílačů. Při této frekvenci elektromagnetické vlny částečně pronikají zdmi budov a signál se tak může šířit alespoň trochu i v budovách. Pro dokrytí vnitřků budov se využívají speciální vysílače, které se rozmisťují přímo v budovách.

2.1 Rozdělení kmitočtového spektra

Kmitočtové spektrum je rozděleno podle frekvenčních pásem do skupin. Každá skupina se liší účelem použití a způsobem šíření vln.

Pásmo velmi dlouhých a dlouhých vln

V těchto pásmech se rádiové vlny šíří s malým útlumem na velké vzdálenosti kolem vysílače s malým vyzářeným výkonem. Tímto zářením lze tedy pokrýt velké území.

Užití: námořní a letecká navigace, meteorologické služby, pro rozhlasové dlouhé vlny, radiokomunikace.

Pásmo středních vln

Vlny v tomto pásmu se šíří dvojím způsobem – šíření přízemní vlnou a prostorovou vlnou. Rozdíl je zde v šíření vln v různých dobách dne. Ve dne se šíří přízemní a v noci pomocí odrazu od ionosféry navíc prostorovou na velmi dlouhé vzdálenosti.

Užití: k přenosu rozhlasového vysílání (SV), radionavigaci a komunikaci na malé a střední vzdálenosti

Pásmo krátkých vln

Tyto vlny se šíří odrazem od ionosféry. Podmínky šíření se mění podle denní doby. Tyto vlny jsou určeny pro šíření signálu na velmi dlouhé vzdálenosti.

Užití: radiokomunikace na střední a velké vzdálenosti, rozhlasové krátké vlny, amatérská pásma.

Pásmo velmi krátkých vln

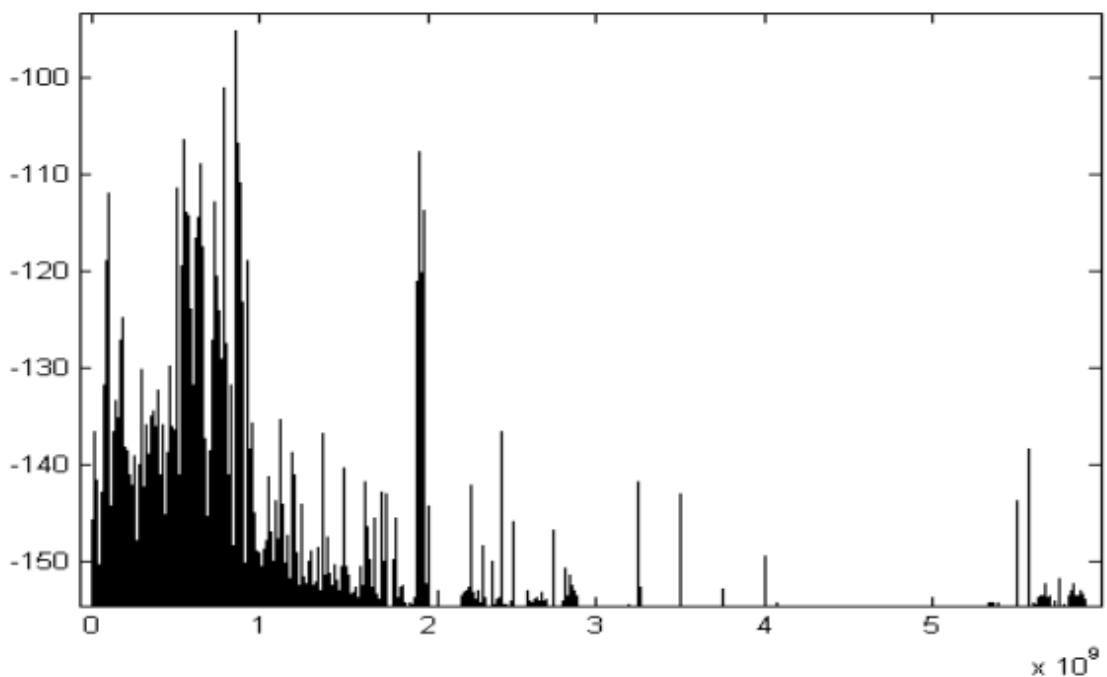
Vlny o kmitočtu v tomto pásmu se šíří vlnou přímou na přímou viditelnost, částečně se ohýbají kolem zemského povrchu až za horizont.

Užití: na těchto vlnách se vysílá frekvenčně modulované rozhlasové vysílání, sdělovací služby omezeného dosahu – sanitní služba, hasiči, policie, dopravní pohotovost.

Pásmo decimetrových (ultrakrátkých) vln

Tyto a další vlny se v krajině šíří již téměř přímočaře, a proto je nutné zajistit přímou viditelnost vysílače v každém místě, kde chceme přijímat signál. Dochází zde k odrazům od různých překážek.

Užití: digitální televize, pracují zde i další radiokomunikační služby (mobilní telefony, Wi-Fi), radioreléové a kosmické spoje, radiolokace a radionavigace.



Obrázek 1 - Rozložení využití kmitočtů v rozmezí 0 - 6 GHz [1]

Pásmo centimetrových vln a kratších

V tomto pásmu se vlny šíří dosti obtížně, problémy zde způsobuje i lesní porost. Velmi se zde projevují vlivy počasí, největší útlum způsobuje mlha nebo hustý déšť.

Užití: družicová služba, včetně družicového rozhlasu a televize

V této práci je brán zřetel hlavně na pásmo UKV, v němž je provozovány mobilní sítě s technologiemi GSM, UMTS, LTE a další, na které je zaměřena tato práce. Jednotlivá pásma jsou tedy rozdělena do kategorií podle kmitočtu a podle způsobu použití. Je ale nutno, aby uvnitř každého pásma nedocházelo k chaotickému vysílání signálů různých technologií a tudíž, aby se navzájem nerušily a neovlivňovaly. Ve vysílání jednotlivých technologií či subjektů musí existovat nějaký řád, který zabráni výše uvedeným problémům. Pod tímto řádem si můžeme představit pravidla, strategická rozhodnutí, které činí odbor “správy kmitočtového spektra” různých globálních, kontinentálních nebo národních úřadů. Jejich úkolem je domluvit a naplánovat využití jednotlivých částí frekvenčního spektra tak, aby jednak nedocházelo k již zmíněným problémům jako je rušení, ale také proto, aby bylo frekvenční spektrum spravedlivě a efektivně využito a přineslo tím ekonomický a sociální užitek. Efektivní využití spektra je nanejvýš důležité z důvodu jeho fyzikálních omezení. Pro služby elektronických komunikací je z hlediska šíření vln vhodné pouze pásmo decimetrových vln. Efektivní využití spektra je tedy hlavní úkol správy spektra a rozhodnutí o jeho přidělení musí být dopředu promyšleno, protože pak může následovat mnoho let, než se bude moci změnit.

2.2 Správci kmitočtového spektra

O rádiové spektrum se tedy musí někdo starat a spravovat ho. Tento úkol připadá jednotlivým zemím, které ho většinou spravují prostřednictvím správního orgánu. V České republice spravuje rádiové spektrum Český Telekomunikační Úřad. Jednotlivým národním správním orgánům je v zemích Evropské unie nadřazen úřad jiný, toto plyne právě z členství v EU.

Orgány starající se o správu kmitočtového spektra nemají často jednoduchou úlohu. Jednání o využití kmitočtů se v první řadě uskutečňují na globální úrovni, kde je zastřešující organizací Organizace spojených národů (OSN; UN - United Nations), která prostřednictvím své specializované agentury Mezinárodní telekomunikační unie (ITU - International Telecommunication Union) řídí jednání jednotlivých členských států. Pro státy, jež jsou členy OSN (193 zemí), ale nejsou její rozhodnutí zavazující. Vždy jde nakonec o rozhodnutí národního správce spektra. Odlišná je situace v zemích EU, kde po rozhodnutí orgánů EU, jsou členské země povinné přijmout a zpracovat do zákonů daná rozhodnutí. V rámci ITU jsou ovšem všichni zástupci zemí přizváni na jednání a mohou ovlivnit konečné rozhodnutí. Složitost úkolu cokoli vyjednat je jasně vidět z počtu členů. Je velmi složité, ba dokonce až nemožné, vzít v potaz námítky každé členské země. Z tohoto důvodu existují další úřady obvykle rozdělené po kontinentech, které mohou výsledky jednání ITU mírně upravit pro potřeby a podmínky v jejich oblasti působení. Je to vidět například z kmitočtových pásem použitých pro LTE nebo GSM ve Spojených státech oproti Evropě (primárně USA - 700 MHz, Evropa - 800 MHz).

2.2.1 ITU

„Původně byla založena pod názvem Mezinárodní telegrafní unie (International Telegraph Union) v roce 1865 v Paříži. Současné jméno získala v roce 1934 a od roku 1947 se stala specializovanou agenturou Organizace spojených národů (OSN). V počátcích existence se ITU starala pouze o telegrafy, jak ale postupoval vývoj telekomunikačních technologií, organizace pod svou správou přijímala další a další odvětví komunikačních systémů. V dnešní době práce ITU pokrývá celé odvětví ICT, od televizního a rádiového vysílání, přes mobilní a pevné komunikační zařízení až po internetové připojení. Mezi hlavní úkoly ITU patří například globální koordinace využití rádiového spektra, podpora mezinárodní spolupráce v oblasti přidělování oběžných drah satelitních zařízení, práce na zlepšení telekomunikační infrastruktury v rozvojových zemích a stanovuje telekomunikační standardy po celém světě. Aktuálně patří mezi členy 193 států z celého světa, 700 subjektů ze soukromého sektoru a akademických institucí. Sídlo ITU se nalézá ve Švýcarsku v Ženevě a má dalších 12 regionálních a oblastních kanceláří po celém světě.

ITU má vytyčeno několik cílů, kterými pomáhá celému světu. V moderním životě jsou informační a komunikační technologie významným zdrojem informací, obživy lidí, zábavy, kultury, ale i nástroji bezpečnostních složek, varováním před přírodními katastrofami a další. Chrání a podporují základní právo každého jednotlivce – komunikovat.

Pole působnosti ITU se dělí do tří hlavních oblastí organizovaných do sektorů, které pracují prostřednictvím konferencí a setkání, kde členové projednávají dohody sloužící jako základ pro provoz globálních telekomunikačních služeb. Jsou to sektory Radiokomunikace (Radiocommunications - ITU-R), Normalizace v telekomunikacích (Standardization - ITU-T) a Vývoj telekomunikací (Development - ITU-D).“

ITU-R

„ITU-R (ITU Radiocommunications) původně vystupovala jako Mezinárodní rádiový poradní výbor (CCIR - Comité Consultatif International pour la Radio), který byl založen v roce 1927. V roce 1932 byl CCIR spojen s několika dalšími organizacemi, včetně původní Mezinárodní Telegrafní Unie, a společně vytvořily v roce 1934 Mezinárodní Telekomunikační Unii.

V době obrovského růstu mobilních telefonů, televizních programů ve vysokém rozlišení, satelitní navigace, meteorologických radarů a satelitů, zkoumání změn klimatu a dalších bezdrátových telekomunikačních služeb, je velmi důležité kontrolovat tento rychlý rozvoj a koordinovat ho. ITU-R má na starost právě tuto úlohu a kontroluje tento rostoucí rozsah radiokomunikačních služeb. Mnoho subjektů se snaží využít těchto již tak omezených zdrojů. Mobilní širokopásmové komunikace a televizní vysílání ve vysokém či ultra vysokém rozlišení se stávají stále vyšší prioritou pro vlády i průmyslové subjekty. Proto ITU-R hraje velmi důležitou roli v globální správě kmitočtového spektra a oběžných drah satelitů. ITU-R musí zajistit racionální, spravedlivé, efektivní a hospodárné využití frekvenčního spektra všech služeb, které kmitočtové spektrum využívají. Podle ITU je nutné takto přidělovat kmitočty, „aby se zabránilo škodlivému rušení mezi rádiovými stanicemi různých zemí“.[8] Mezinárodní správa kmitočtového spektra je tedy založena na řadě regulačních postupů, oznámení a registrace. Dále má za cíl vytvořit podmínky pro harmonický rozvoj a hospodárné využití stávajících i nových telekomunikačních systémů. Vypracovává technické charakteristiky pozemních a kosmických bezdrátových služeb a systémů, včetně provozních postupů.“

ITU-D

„Další sektor ITU je označen jako Development – rozvoj. Je zodpovědný za vytváření politiky, regulace a poskytování vzdělávacích programů a finančních strategií v rozvojových zemích. Tento sektor byl založen s cílem napomoci šířit spravedlivě udržitelný a cenově dostupný přístup k informačním a komunikačním technologiím, jako prostředek širšího sociálního a ekonomického rozvoje. ITU-D podporuje zavádění nových bezdrátových a mobilních technologií prostřednictvím projektů.“

ITU-T

„Tento sektor je tvůrce nebo spolutvůrce světově všeobecně uznávaných norem v oblasti informačních a telekomunikačních technologií a koordinuje standardy v této oblasti. Funguje od roku 1865, kdy byl součástí původní Mezinárodní Telegrafní Unie a název ITU-T (ITU – Standardization) užívá od roku 1993, kdy se stal samostatným sektorem ITU. Práce tohoto sektoru má zásadní vliv pro fungování dnešních sítí a komunikačních technologií. ITU-T doporučení definují prvky v infrastruktuře ICT všude tam, kde probíhá výměna hlasových, datových nebo video informací. Zde se uplatňují normy (standardy), bez nichž by tento proces nemohl začít. ITU-R vydá nebo upraví ročně průměrně 150 standardů zahrnující vše od základní síťové infrastruktury, až po širokopásmové připojení k dalším generacím služeb jako je IPTV.

Mezi dnešní priority ITU-T patří zajištění potřeb rozvojových zemí při výstavbě komunikační infrastruktury, přijímání mezinárodních standardů pro zajištění bezproblémových globálních komunikací a spolupráce pro sítě nové generace, budování důvěry a bezpečnosti při používání ICT, nouzové komunikace pro využití v systémech včasného varování a další.“

2.2.2 Země Evropy

„V Evropě je tímto orgánem Evropská Unie (EU), kde se o koordinaci při správě spektra stará Evropský výbor pro regulaci poštovního sektoru (CEPT - The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) a také Evropský telekomunikační normalizační institut (ETSI - the European Telecommunications Standards Institute). Jedním z cílů těchto organizací je harmonizace kroků jednotlivých členských států

v oblasti správy spektra tak, aby nedocházelo k rušení v oblasti hranic států. Toto se může projevit v blízké době v České republice, kdy dojde k přidělu kmitočtů telekomunikačním operátorům z tzv. Digitální dividendy neboli z pásma, ve kterém se u nás provozovalo analogové a digitální televizní vysílání, protože v Polsku se nadále na těchto kmitočtech vysílá a v oblasti hranic může docházet k citelnému rušení signálu pro technologii LTE.

CEPT byl zřízen v roce 1959 jako koordinátor evropských států pro telekomunikace a poštovní organizace. Je organizován do tří hlavních částí:

- *Výbor pro elektronické komunikace (ECC)
Stálý sekretariát ECC – Evropská radiokomunikační kancelář (ERO)*
- *Evropský výbor pro poštovní regulace (CERP)*
- *Výbor pro politiku ITU*

Za správu rádiového spektra je zodpovědný výbor ECC, prostřednictvím ERO. Tyto výbory dále spolupracují s Evropským telekomunikačním normalizačním institutem (ETSI). Tento institut byl založen organizací CEPT v roce 1988, je to nezávislá, nevýdělečná standardizační organizace v telekomunikačním průmyslu a je oficiálně uznána Evropskou komisí jako standardizační institut. Hlavní oblastí práce ETSI je standardizace a specifikace nových technologií používaných v Evropě, regulace rádiového spektra. Mezi členy CEPT patří více jak 700 organizací, převážně výrobci, poskytovatelé telekomunikačních služeb, státní instituce, akademické organizace.“

2.2.3 ČTÚ

„Český telekomunikační úřad (ČTÚ) je ústřední správní úřad pro výkon státní správy v působnosti vlády České republiky. Má postavení samostatného nezávislého orgánu. Jeho působnost je vymezena dokumentem zvaným Statut. Byl zřízen zákonem č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů ke dni 1. května 2005. Jeho úkolem je hlavně regulace trhu elektronických komunikací, poštovních služeb a stanovení podmínek pro podnikání v oblasti elektronických komunikací za účelem nahrazení chybějících účinků hospodářské soutěže a pro ochranu uživatelů do doby dosazení plně

konkurenčního prostředí. V období před vznikem ČTÚ se problémům kmitočtového spektra věnovalo Ministerstvo informatiky.

ČTÚ je sestaven ze tří hlavních sekcí. Mezi tyto sekce patří: Kancelář Úřadu, Regulace a Státní kontrola. Z pohledu mobilních komunikací je podstatná sekce Regulace, která skrývá několik odborů, a to hlavně Regulace komunikačních činností, analýz trhů a správy kmitočtového spektra.“

2.3 Cíle správy spektra

Využití kmitočtového spektra plní nenahraditelnou roli. Plní ekonomickou, sociální a komunikační roli v oblastech, kde nelze využít pevná vedení z technických nebo ekonomických důvodů. Typicky jde o pokrytí území rozhlasovým nebo televizním vysíláním, nouzovou komunikací pro záchranné složky, komunikační technologií, družicovým signálem nebo například meteorologickými radary. Všechny tyto a další služby musí být provozovány tak, aby se vzájemně neovlivňovaly a mohly společně fungovat.

Cíle správy spektra:

- Umožnit efektivní celostátní i mezinárodní telekomunikační služby pro osobní i obchodní využití;
- Podporovat inovace v rozvoji infrastruktury a poskytování radiokomunikačních služeb;
- Sloužit národním zájmům, včetně bezpečnosti a obrany;
- K ochraně života a majetku;
- Podporovat předcházení trestné činnosti a vymáhání práva;
- Podporovat národní a mezinárodní systémy pro přepravu;
- Podporovat zachování přírodních zdrojů;
- Zajistit šíření vzdělávání, informací obecných a ve veřejném zájmu, zábavy;
- Podporovat vědecký výzkum, rozvoj zdrojů, a zkoumání.

Správa spektra je tedy proces stanovení, jaké službě připadne jaká část spektra. Vedle fyzikálních podmínek šíření elektromagnetických vln, jde převážně o „politické“ rozhodnutí,

kde se rozhoduje, jakou prioritu bude mít určitá služba. Televizní a rozhlasové vysílání dostává v kmitočtovém spektru významný prostor proto, že je to informační prostředek, který má vysokou prioritu co se týče informovanosti a zábavy společnosti. Nové technologie v odvětví televizního vysílání dokázaly datovou náročnost na přenos jednoho kanálu snížit, čehož se využilo, a přes zvýšení počtu přenášených kanálů bylo ušetřeno část spektra, které bylo možné přenést pro služby, kde dochází k významnému nárůstu datové náročnosti, tedy ke službám elektronických komunikací. Tento proces byl na zván Digitální dividenda a bylo to umožněno přechodem k digitálnímu televiznímu vysílání DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial). V příštích letech pravděpodobně dojde k obdobnému procesu uvolnění části spektra. Technologie DVB-T2 umožní opět snížit datovou náročnost vysílání, a tím také snížit náročnost kmitočtovou. Dojde tedy k Digitální dividendě 2 a dalšímu uvolnění kmitočtů pro technologie nové generace v telekomunikacích, jako je LTE Advanced.

Uvolňování kmitočtů pro novější technologie je jedním z cílů správy spektra. Rozhodující organizace tak tlačí na nasazování nových technologií do provozu, protože chtějí obyvatelům přinášet prostřednictvím vysokorychlostního připojení k internetu posílení ekonomické a sociální situace. Nasazování nových technologií pomáhá také zvýšení konkurence na trhu se službami elektronických komunikací a to včetně služeb typu pevného připojení k internetu. Přístup k připojení zejména mobilního charakteru dovolí uživatelům mít přístup k internetu kdekoli to bude situace vyžadovat. Toto umělé zvyšování konkurence také vede k samovolné rostoucí konkurenci, kdy se budou jednotliví poskytovatelé těchto služeb předhánět v nasazování novějších technologií. Tyto požadavky celkově povedou k urychlení vývoje nových technologií, což vede ke zvýšení vzdělanosti obyvatelstva a k možnému zlepšení situace na trhu s prací. Navíc přístup k vysokorychlostnímu internetu v oblastech, kde se dosud z finančních nebo jiných důvodů nevyplatilo budovat pevná připojení, může vést k nárůstu pracovních příležitostí a tím ke zlepšení celkové ekonomické situace obyvatelstva.

Důležitou součástí správy spektra je zajištění národních zájmů. Jedná se například o zabezpečení kmitočtů pro obranné sbory - armádu a policii. Následují zbylé složky integrovaného záchranného systému záchranná služba a hasiči. Na kmitočtech určených pro tyto složky nikdo nesmí vysílat, aby nenastalo ohrožení bezpečnosti státu. Musí tedy být

nutně zajištěno, aby na těchto kmitočtech nikdo jiný nevysílal. To se týká také zabezpečení spojení pro leteckou komunikaci, kdy by mohlo hrozit vážné nebezpečí v případě zneužití vysílání na těchto kmitočtech. U letecké dopravy se to týká také navigačních a naváděcích zařízení, kde je problém stejný jako u komunikace.

2.3.1 Harmonizace

Správa spektra v ČR vychází z principů, které jsou uplatňovány v rámci ostatních zemí EU. Součinnost zemí evropského společenství je důležitá zejména z pohledu jednoho ze základních principů EU – volný pohyb osob po Unii. Cílem této snahy je zajistit, aby osoby cestující z jednoho státu do druhého, nepotřebovaly v jiné zemi EU jiné zařízení. Z tohoto důvodu je v zemích EU zavedena harmonizace při správě kmitočtového spektra. Jednotlivé kroky jsou předem projednány orgány EU nebo organizacemi spolupracujícími s EU. Harmonizační opatření je poté přijato Evropskou komisí. Tato opatření vydává převážně organizace CEPT, společně se skupinami EU - RSPG (Skupina pro politiku rádiového spektra) a RSC (Výbor pro rádiové spektrum) na základě technických studií. Harmonizační proces je poté postupně přijat ve všech členských zemích EU. Většinou obdobná opatření přijímají i země, které nejsou členy EU tak, aby i v těchto státech nevznikaly potíže v oblastech pohraničí se sousedními zeměmi EU, případně aby neměly problémy návštěvníci z evropské osmadvacítky.

Příkladem harmonizace správy kmitočtového spektra v EU je proces přechodu z analogového na digitální televizní vysílání a následné uvolnění části kmitočtového pásma po TV vysílání, službám elektronických komunikací. První dokumenty přijaté pro přechod na digitální televizní vysílání byly přijaty již v roce 1997 v rámci členských zemí organizace CEPT. Proces tedy začal v době, kdy ČR nebyla členem EU, nicméně v rámci organizace CEPT již působila. Důležitým krokem bylo v roce 2001 přijetí zákona o RTV (Rozhlasové a Televizní vysílání) Parlamentem ČR, který harmonizoval právní úpravu společně s ES (Evropské společenství). V dalších letech byly postupně přijaty další zákony a koncepce, které stanovovaly harmonogram přechodu k digitálnímu televiznímu vysílání. V této době byla ČR již členským státem EU, která svým členům doporučila finální přechod na období let 2010 – 2012. Digitální televizní vysílání bylo v ČR zahájeno již v roce 2005, nicméně finální přechod,

tedy doba vypínání analogových vysílačů připadla až na období 2009 – 2011. Tím ČR splnila doporučení EU a podobně jako většina zemí EU přešla v tomto období na digitální televizní vysílání.

Kdyby procesu harmonizace nebylo, není jednak jisté, zda by se v ČR již vysílalo digitálně, hlavně by ale mohly nastat potíže s rušením v oblastech u hranic se sousedními státy, které by přechod na digitální vysílání již absolvovaly. Takto při stejném načasování k výrazným problémům nedošlo.

Podle návrhu dokumentu „Správa rádiového spektra“ ČTÚ do budoucna počítá ve strategii s kmitočtovým spektrem pouze s harmonizačními kroky s EU. Tento krok plní doporučení EU a také vylučuje případné potíže s problémy rušení mezi sousedními zeměmi.

2.4 Postupy ve správě spektra

Jak již bylo uvedeno, správa spektra je soustava procesů vedoucích k efektivnímu, ekonomicky prospěšnému a nerušenému užívání rádiového spektra. Tyto procesy mají vést k rozvoji v oblasti telekomunikací tak, aby docházelo k rozvoji i v ekonomickém a sociálním prostředí. Příkladem může být výzkum ITU z roku 2012, kde v zemích OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj -) došlo k nárůstu HDP (Hrubý Domácí Produkt) o 0,25 – 1,5 %, při 10 % nárůstu penetrace širokopásmového připojení [5]. Celkový přínos k HDP nelze přesně v ČR zjistit, minimálně ale můžeme hodnotit příjmy státního rozpočtu z daní telekomunikačních společností využívajících rádiové spektrum - „na konci roku 2012 přesáhly celkové tržby ze služeb elektronických komunikací 116 miliard Kč (bez DPH)“. Z toho „tržby za maloobchodní služby poskytované v mobilních sítích dosáhly téměř 67 miliard Kč a v pevných sítích 53 miliard Kč“. [1]

„Poslání Úřadu:

- *Využití spektra spravovat způsobem, který směřuje k optimálnímu využití rádiového spektra a posílení přínosů pro společnost.*
- *Spektrum využívat nediskriminačním způsobem za transparentních podmínek.*
- *Nastavení podmínek využití spektra podporovat hospodářskou soutěž a předcházet deformacím soutěže.*

- *Spektrum využívat takovým způsobem, aby byl minimalizován vznik škodlivého rušení.*
- *Podmínky využití spektra stanovovat s cílem, aby nebyly omezující pro služby nebo aplikace, k jejichž provozu jsou rádiové kmitočty nezbytné.*
- *Nastavením podmínek k flexibilnímu využití spektra umožnit inovaci a rozvoj technologií a služeb.*
- *Naplnovat předvídatelnost zveřejněním předpokladů budoucího vývoje u každé radiokomunikační služby a v každém kmitočtovém pásmu.“ [1]*

Základním dokumentem správy kmitočtového spektra je národní kmitočtová tabulka [10]. Jedná se o vyhlášku 105/2010 Sb., podle § 150 odst. 2 zákona č. 127/2005 Sb. o elektronických komunikacích. Je to národní aplikace Radiokomunikačního řádu ITU. V podstatě jde o plán přidělení kmitočtového spektra jednotlivým radiokomunikačním službám a zařízením.

Aby mohli účastníci využívat možnosti kmitočtového spektra, je nutné, aby k tomu získali práva. Existují dvě možnosti jak získat práva na vysílání:

- a) Všeobecné oprávnění – jedná se o bezlicenční oprávnění, uživatelé mohou v těchto pásmech provozovat rádiová zařízení bez ohlášení, či získání licence. Musí ovšem dodržet předem stanovená pravidla. Tento typ oprávnění se využívá v případech, kdy je vyloučeno rušení jiných služeb. Například se využívá v pásmu 2,4 GHz pro personální komunikaci jako je WiFi nebo Bluetooth.
- b) Individuální oprávnění – uděluje se konkrétním uživatelům rádiových kmitočtů a je mu zaručena ochrana proti rušení jinými účastníky. Toto oprávnění s sebou nese povinnost hradit poplatky za spektrum (více viz kapitola 2.5).
- c) přiděl rádiových kmitočtů – jde o specifickou formu práva na využití kmitočtů, využívá se v případech, kdy v pásmu nemůže působit libovolný počet uchazečů o toto spektrum. Žadatelům o přiděl se zaručuje exkluzivita na udělení individuálního oprávnění k využití kmitočtů na daném území a nepřímo možnost využít tyto kmitočty.

Uživatelům individuálního oprávnění a přidělu kmitočtů se stanovuje doba platnosti těchto oprávnění. U individuálních oprávnění jde o dobu maximálně 5 let, po skončení této doby lze tuto platnost dále prodloužit. Příděly rádiových kmitočtů musí reflektovat výši investic do infrastruktury v daném pásmu a je tedy předmětem veřejné konzultace. Například doba platnosti licence mobilních operátorů se dnes uděluje na dobu 20 let. Nyní je v jednání prodloužení této doby až na 30 let, aby mohli operátoři lépe plánovat své investice.

V budoucnu se očekává nárůst kmitočtového přidělu pro systémy mobilních sítí. V současné době jsou pro mobilní sítě vyhrazena pásma 430, 450, 800, 900, 1800, 2100 a 2600 MHz. V nedávné době vydal ČTÚ předběžné podmínky aukce kmitočtů v pásmu 3,6 – 3,8 GHz. Toto pásmo se v blízké době stane dalším pro využití v mobilních sítích nové generace. Z důvodu nárůstajícího datového toku lze předpokládat, že v budoucnu budou přibývat další pásma pro mobilní sítě hlavně v pásmech pod 6 GHz.

Pro provozovatele těchto sítí je důležité, aby plán budoucích přidělů byl dopředu znám co nejdříve. Správa spektra tedy musí být předvídatelná a informace o ní pravidelně zveřejňovány. Dále je důležité, aby správa spektra byla transparentní a nedocházelo tak k porušování tržních principů. Úřad nesmí zatajovat důležité informace potřebné pro činnost provozovatelů sítí.

Efektivní využití kmitočtového spektra se jeví jako čím dál více důležité. S narůstající penetrací vysokorychlostních mobilních sítí se využívá více spektra. Jelikož nebude možno spektrum vhodné pro tyto služby roztahovat donekonečna, bude se muset tlačit na využití modernějších technologií, které jsou spektrálně účinnější. Kromě nasazení spektrálně účinnějších technologií, by správci spektra měli v budoucnu prosazovat moderní přístupy v užívání spektra. Jedná se o flexibilní využití, sdílené užití spektra a dynamický přístup ke spektru.

„Efektivní využívání rádiových kmitočtů je kategorizováno následujícími hledisky:

a) Technickými hledisky jsou např. přenosové vlastnosti sítě z hlediska přenosové kapacity vztahované na jednotku kmitočtového spektra nebo území, možnost opakovaného využití kmitočtu, míra odolnosti sítě či spoje při koexistenci s dalšími vysílacími rádiovými zařízeními, možnost přidělování kmitočtů v harmonizovaném či standardizovaném kanálovém uspořádání apod.

b) Funkční hlediska zahrnují kvalitativní parametry poskytované služby a příkladem je přístup ke službám elektronických komunikací, rychlost a mobilita připojení, míra či celistvost pokrytí, zastupitelnost přenosu služby jiným médiem nebo platformou.

c) Ekonomická hlediska zohledňují příspěvek k podpoře hospodářské soutěže a růstu národní ekonomiky a jsou obvykle hodnoceny z pohledu spotřebitele (ochota zaplatit za službu), poskytovatele služby či provozovatele sítě (náklady, zisk) a externích přínosů (pozitivní vliv na HDP, příjmy státního rozpočtu – daňový příjem, příjem z poplatků za využití spektra, výnosy z aukcí aj.).

d) Sociální hlediska jsou označována jako neoddělitelný, byť obtížně kvantifikovatelný faktor, který zohledňuje širší otázky významu spektra a poskytovaných služeb v kontextu sociálním, kulturním, vědecko-výzkumném, bezpečnostním, politickém či v obecném pojetí národní či evropské politiky.

Principiální úlohou současné správy spektra je optimální vyvážení všech faktorů efektivity využití spektra.“ [1]

Technologická neutralita se prosazuje hlavně v nově přidělených kmitočtech. Jde o přístup správce spektra k používané technologii v daném pásmu. Ve všech nových pásmech nejsou provozovatelé služeb omezováni příkazem použít danou technologii. Místo toho se uplatňuje princip neutrality a operátoři si mohou zvolit, jakou technologii nasadí a správce spektra pouze stanoví určitá minimální kritéria, jako je minimální přenosová rychlost, případně v budoucnu minimální spektrální účinnost. Tyto podmínky jsou dostatečné k tomu, aby koncový uživatelé měli k dispozici širokopásmový vysokorychlostní přístup k internetu.

2.5 Poplatky za spektrum

Kmitočtové spektrum je národní a veřejný ekonomický zdroj. V rámci správy spektra je důležitá část o rozvoji hospodářské soutěže, abychom ze spektra mohli využít jeho ekonomický a sociální potenciál. Protože je spektrum zdroj omezený, není možné v některých odvětví telekomunikací, jako služby elektronických komunikací, umožnit přístup

libovolnému počtu společností, které by chtěly na trhu působit. Samotná správa spektra, tedy provoz regulačního úřadu starající se o správu, stojí státní rozpočet milióny korun ročně. Z těchto důvodů je většina kmitočtového spektra zpoplatněna. Kromě financování správy spektra slouží tyto poplatky také k zajištění využívání spektra subjekty, které získaly licenci k provozování služeb v daném pásmu. Například se jedná o situaci, kdy by si společnost zakoupila kmitočtový příděl a poté by v daném pásmu neprovozovala žádné služby. Docházelo by k neefektivnímu využívání spektra a takovým případům je třeba zabránit.

Poplatky za spektrum se dělí na dvě hlavní části. Jedná se o jednorázové poplatky za kmitočtový příděl a pravidelné poplatky za pronájem spektra. Všechny tyto poplatky míří v ČR nejprve do státního rozpočtu, ze kterého je poté financován samotný úřad.

2.5.1 Jednorázové poplatky

Tyto poplatky jsou jednorázovými příjmy do státního rozpočtu a nejsou tedy později použity pro financování ČTÚ (v poslední aukci kmitočtů v prosinci 2013 byl takovýto příjem státního rozpočtu ve výši 8,53 miliardy korun). U těchto poplatků se nejčastěji stanovuje minimální (nebo vyvolávací) cena. Ta musí reflektovat situaci na trhu s danými službami. Jedná se o tzv. tržní cenu, která musí odrážet jeho užitnou hodnotu. Ta se stanoví například pomocí cenových map. Takové mapy odrážejí případnou získanou hodnotu společnosti, jež bude v daném pásmu nabízet své služby. Dále se správní úřady mohou orientovat pomocí cen použitých v okolních zemích a přizpůsobit své ceny vlastní zemi.

	800 MHz	1800 MHz	2100 MHz	2600 MHz
průměrná cena za 2 x 1 MHz v mil. Kč	243	32	110	16

Tabulka 2 - Průměrná cena za 2 x 1 MHz v různých kmitočtových pásmech

Existuje několik metod používaných k výběru subjektů, které získají kmitočtový příděl:

- první přicházející, první nabízející (*first come, first served*),
- soutěž krásy (*beauty contest*),
- srovnávací metoda (*comparative bidding*),
- aukce (*lotteries*).

Metoda „první přicházející, první nabízející“ je ve většině případů nejvyužívanější metodou kmitočtového přidělu. Využívá se v případech, kdy není problém s množstvím volných kmitočtů, a kdy spektrum musí být přiděleno velkému množství subjektů nebo k přidělu na dlouhou dobu. Jde především o méně významné částky a méně atraktivní spektrum než pro významné masové komerční využití.

Oproti tomu metoda „soutěž krásy“ je často využívána k licencování kmitočtů pro veřejné mobilní systémy a vysílání. Na počátku jsou nastaveny podmínky, které musí subjekty splnit, je stanoven plán, který musí vítězný subjekt splnit v době, kdy využívá kmitočtový přiděl. Jde o metodu často využívanou státními subjekty v zadávání veřejných zakázek, kde se stanoví žebříček kritérií, podle kterého se stanoví, který účastník vyhrál. Je tedy jasné, že se nejedná o úplně transparentní metodu. Podmínky mohou být nastaveny tak, aby mohl zvítězit pouze vybraný účastník. Ukázkou této metody v procesu českého přidělu kmitočtů je licencování spektra pro síť třetí generace UMTS na začátku tohoto tisíciletí. Tehdy ještě Ministerstvo informatiky stanovilo minimální cenu, kdy subjekt s nejvyšší nabídkou navíc také získal licence v jiném pásmu pro systémy GSM. Problém nebyl ve stanovené ceně ani v bonusu v podobě jiných licencí, ale v nastavených rozvojových kritériích, kde komise stanovila jako jedinou podmínku pokrytí 90% území Prahy do doby tří let. To mělo za následek budoucí žalostné pokrytí území ČR touto technologií a pomalý nástup vysokorychlostního internetu na našem území. Tato metoda se využívá v případě omezeného množství spektra s malým počtem uchazečů. Z důvodů problému s transparentností je tato metoda v poslední době a do budoucna jistě překonána.

Srovnávací metoda je obdobná metodě „soutěži krásy“, opět jsou zde stanoveny podmínky, které musí jednotlivé subjekty splnit, aby se dostaly do této soutěže. Dále je stanovena minimální cena většinou obálkovou metodou, kdy jednotliví účastníci stanoví svou nabízenou částku a poté jsou všechny nabídky najednou zveřejněny. Následně se rozhodne o vítězi nebo o vítězích této soutěže podle nejvyšší nabídky.

Drtivá většina přidělů kmitočtů pro síť čtvrté generace LTE a LTE Advanced byla licencována metodou aukce. Výhodou této metody je stanovení ceny licencí ke kmitočtům čistě tržními mechanismy. S její pomocí se také dosáhne nejefektivnějšího využití spektra a maximalizuje se jeho využití. Vítězný subjekt si musí dobře rozmyslet, jaké množství spektra bude ve skutečnosti potřebovat. Jde o poměrně rychlou a efektivní možnost jak správce

spektra může pronajmout část spektra oproti tradičním metodám. Tato metoda je jednoznačně nejtransparentnější, ale je nutné zajistit, aby se do soutěže nepřihlásily subjekty, které chtějí pouze zvednout cenu licencí. Proto se zavádějí poplatky za vstup do přiřazování a další podmínky, které musí ochránit vážné zájemce o dražené kmitočty. Další problémy mohou nastat v oligopolním tržním prostředí. Typicky se mohou stávající subjekty dohodnout mezi sebou, kdo o jakou část draženého spektra stojí a tak se vyhnout vzájemným soubojům a boj soustředit na část spektra, o které se ucházejí nové subjekty na trhu. Aukční metoda se nejvíce hodí v případech, kdy má o spektrum zájem větší počet uchazečů a množství spektra není ani malé, ani velké. Naopak pro soutěže s malým množstvím zájemců může být velmi neefektivní. Jako ne zcela povedeně provedená aukce, se dá označit první pokus ČTÚ o pronájem kmitočtů pro mobilní sítě čtvrté generace LTE, uskutečněná v druhé polovině roku 2013. Aukce se zúčastnili všichni tři stávající operátoři a jedna společnost, nováček na telekomunikačním trhu. ČTÚ aukci přerušil v okamžiku, kdy se souhrnná cena dražených kmitočtů vyšplhala k 20 miliardám korun. Přitom vyvolávací cena byla 9 miliard. Stávající operátoři se předháněli v příhozech s novým subjektem, který neměl vyhrazen žádný blok pro nové společnosti, načež se ČTÚ obával, že by takto vysoká cena za spektrum mohla ohrozit budoucí vývoj na telekomunikačním trhu. Nebezpečím také bylo, že by výherce tohoto bloku později odstoupil od své nabídky, což pravidla umožňovala, a část tohoto spektra by nikdo neobsadil. Před samotným započítáním druhého pokusu se opět objevil problém jiný. Na povrch vyplulo, že nový subjekt přihlášený do aukce vyjednává s majitelem současného českého operátora o jeho odkupu. To by mělo za následek, že by zde mohl působit subjekt s významným množstvím spektra pro LTE na úkor ostatních společností. ČTÚ se rozhodl tuto praxi zakázat a subjekt se rozhodl neúčastnit se této aukce. I z tohoto pohledu je tedy jasné, že ani metoda aukce není dokonalé řešení. [2]

2.5.1.1 Druhy aukce

„Při výběru formátu aukce je důležité, aby se vybral ten, který nejlépe vyhovuje situaci v dané zemi. Nejčastěji používané jsou typy SMRA a CCA. Každý z nich má své výhody a nevýhody. V ČR se při prvním prodeji kmitočtů pomocí aukce využila metoda SMRA, která je výrazně jednodušší a také transparentnější. Je tu ale jisté nebezpečí, že by se mohli současní operátoři předem domluvit a poté by každý přiřazoval pouze na „své“ bloky a cena za blok

by se přitom nemusela zvýšit. Naproti tomu při použití formátu CCA, by nikdo nevěděl, na co jiný zájemce přihazuje.

SMRA (*Simultaneos Multi Round Auction – Simultánní Vícekolová Aukce*)

Tento typ aukce je vhodné použít, když existuje velké množství spektra, které bude přiděleno společně na větším území a jsou-li v nabídce bloky z více částí spektra (800, 1800, 2600 MHz). V tomto druhu aukce jsou nabídnuty všechny bloky současně v několika kolech výběrového řízení. Zájemci se mohou ucházet o jakékoliv bloky ve všech kolech aukce. Důležitým prvkem této aukce je možnost stažení nejvyšší nabídky.

Princip:

V jednotlivých kolech je zvyšována cena a další kola aukce se konají, dokud nikdo z účastníků aukce nezvýší nabídku u žádného bloku.

V tomto formátu aukce mají všichni účastníci dražby po každém kole přehled o všech nabídkách ostatních účastníků dražby. Díky tomu mohou jednotliví zájemci přesouvat své preference podle toho, jak ostatní účastníci přihazují na jednotlivé bloky spektra.

Tato aukce byla použita v Německu, Itálii a Španělsku – kombinovaná aukce ve více pásmech (800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz).

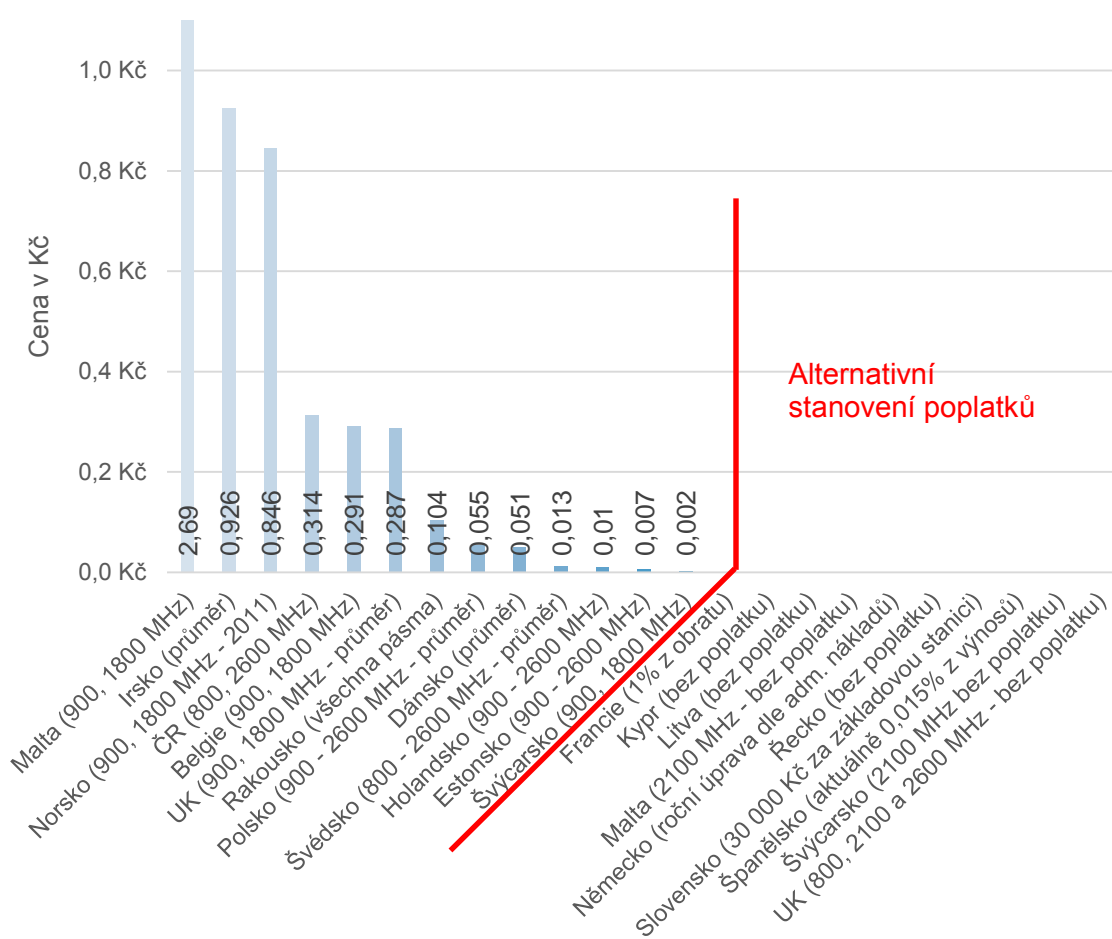
CCA (*Combinatory Clock Auction – Kombinatorická ... Aukce*)

Tato aukční metoda je používána na prodej více předmětů (bloků) v rámci jednoho procesu. Poskytuje účastníkům aukce ucházet se flexibilně o různé kombinace spektra ve všech dražených pásmech. Průběh této formy aukce je ale dosti složitý. Další nevýhoda spočívá právě v kombinaci kmitočtových bloků, kdy může dojít k nevýhodné kombinaci a cena této kombinace se nevyšplhá příliš vysoko.

Tento formát byl využit při aukcích v Rakousku, Francii, Nizozemsku, ale vždy jen pro jedno pásmo.“ [3]

2.5.2 Pravidelné poplatky

Kromě jednorázových poplatků při získání kmitočtového přidělu, se v některých zemích platí také pravidelné poplatky za využití získaného spektra. Každá země si výši těchto poplatků stanovuje sama tak, jak to odpovídá situaci v dané zemi. Obecně jsou poplatky nejvyšší v pásmech, která jsou přidělena pohyblivé službě – mobilním sítím. Tyto poplatky jsou nicméně významně nižší než jsou poplatky jednorázové.



Obrázek 2 - Průměrná výše ročních poplatků za využití úseku 2 x 1 MHz rádiového spektra v pásmech 800, 900, 1800, 2100 a 2600 MHz vztahovaná k populaci země [44]

Poplatky za využití spektra je nutné stanovovat velmi citlivě. Nesmějí být přehnané, aby nebránily subjektům v postupné modernizaci a investicím do jejich sítí. Na druhou stranu by neměly ani být moc nízké, protože jsou hlavním zdrojem úřadů, které se starají o správu kmitočtového spektra a další záležitosti spojené s telekomunikacemi. Tyto poplatky mohou být stanoveny několika cestami. Jednou z nich je určení výše poplatku na základě příjmů jednotlivých subjektů. Tedy na procentuální části z příjmů telekomunikační společnosti

s ohledem na využití kmitočtového spektra dané společnosti. U tohoto druhu poplatků je obzvláště nutné nastavit je co neoptimálněji, aby nedocházelo k porušování principů hospodářské soutěže. Tyto poplatky plynou také do státního rozpočtu. Zákon, který tyto platby přidělí přímo správnímu úřadu, se připravuje v orgánech EU [4].

Motivační poplatky jsou určeny především k dosažení cílů správy spektra. Jedná se především o určitou formu „donucení“ provozovatelů využívat spektrum efektivněji. Z toho plyne, že poplatky se mohou snížit, pokud subjekt začne používat spektrálně účinnější zařízení, přechodem do jiné části spektra, které je například volnější nebo má správce s předchozí částí spektra jiné plány a potřebuje ho uvolnit. Tyto poplatky se stanovují vzorcem, kde jsou brána v potaz různá kritéria. Mohou jimi být například:

Frekvenční pásmo - výše poplatku se liší podle oblasti, ve které se používané kmitočtové pásmo nachází, zde je nutné, aby si správce uvědomil, že některé služby požadují specifické kmitočty, aby mohly spolehlivě pracovat, například meteorologická služba.

Rozsah kmitočtů - výše poplatků se liší podle množství kmitočtů, které subjekt využívá, smysl tohoto poplatku spočívá v motivaci subjektu, aby využíval frekvenčně účinnější zařízení, aby odevzdal zpět část spektra, kterou nevyužívá, a aby se budoucí subjekty ucházely jen o rozsah spektra, které opravdu potřebují.

Exkluzivita - výše poplatku je ovlivněna účelem, za jakým je toto spektrum využito. Jedná se hlavně o rozlišení případů, kdy je fyzikálními vlastnostmi, šíření signálu, omezeno spektrum využitelné k dané službě (mobilní bezdrátová komunikace) a na případy, kdy je možné spektrum sdílet více subjekty (např. bezdrátové mikrofony, dálkové ovládání). Například mobilních operátorů s vlastní rádiovou infrastrukturou může být pouze omezené množství, v tomto odvětví tedy nemůže podnikat neomezený počet subjektů, a tedy poplatky za spektrum by měly být vyšší.

Existují i případy, kdy se za využití spektra žádné poplatky neplatí. Jde například o služby pro nouzovou komunikaci nebo například pro provozování personálních komunikací jako jsou bezdrátové sítě Wi-Fi v kmitočtových pásmech 2,4 a 5 GHz. V těchto pásmech si tedy mohou lidé provozovat za určitých podmínek (např. maximální vysílací výkon, tak aby nedocházelo k rušení jiných služeb) vlastní bezdrátovou síť, aniž by museli platit jakékoli poplatky za využití frekvenčního spektra. Je velmi pravděpodobné, že v budoucnu dojde k rozšíření těchto pásem nebo k přidání dalších kmitočtových pásem. Obsazenost v pásmu 2,4 GHz je dnes prakticky vyčerpána a v oblastech s vysokou hustotou osídlení (např. sídliště) je

velký problém provozovat tyto sítě s garantovanými přenosovými rychlostmi daných technologií. Nedávné přidání pásma 5 GHz sice tento problém částečně řeší, ale jsou v tomto pásmu horší vlastnosti šíření signálu (např. průchody zdmi) a postupem času se toto pásmo zaplní podobně jako pásmo 2,4 GHz v důsledku neustále narůstajícího počtu zařízení, využívajících těchto technologií. [5]

3 Problémy moderní správy spektra

Stav z minulých let, kdy největší část ze služeb elektronických komunikací v mobilních sítích tvořily hlasové a textové služby, se postupně mění. Mezi tyto dvě služby se totiž vložily datové přenosy. Tyto přenosy tvoří podstatnou část provozní kapacity infrastruktury mobilních operátorů. Tento trend bude jistě pokračovat a třeba služba krátkých textových zpráv – SMS, budou do budoucna plně nahrazeny textovou komunikací pomocí datových paketů. Takové služby nabízí mnoho výrobců operačních systémů mobilních telefonů a koncoví zákazníci jich rádi využívají, hlavně proto, že jsou zdarma. Na poli hlasových služeb mají operátoři i nadále jasnou převahu nad hlasovými přenosy přes internet. V našich podmínkách je to dáno hlavně nepříliš kvalitním pokrytím mobilním signálem s dostatečnou přenosovou rychlostí. Tento problém ovšem bude v následujících pár letech smazán z důvodu povinnosti operátorů pokrýt drtivou většinu území ČR vysokorychlostním internetem, který bude dostačující pro aplikace umožňující přenášet hlas přes internet. Přesto budou operátoři potřebovat i nadále zvyšovat kapacitu a maximální přenosové rychlosti ve svých sítích, aby uspokojili požadavky svých zákazníků.

Aby mohli tyto požadavky splnit, budou muset nasazovat moderní technologie, které jsou ovšem kmitočtově více náročné nežli ty dosavadní. Před správním orgánem – ČTÚ, leží důležitý úkol. Společně s operátory připravit rádiové spektrum pro nástup nových technologií aniž by tím způsobili problémy jiným službám využívající spektrum.

V následující kapitole jsou prozkoumány některé problémy, které brzdí nástup těchto nových technologií.

3.1 Sdílení spektra a sítí

Mezi nejvýznamnější investice operátorů patří budování síťové infrastruktury. Nejdražší částí je prvotní vybudování sítě, což znamená jednorázovou investici v desítkách miliard korun. Provoz, údržba a modernizace infrastruktury znamená další velké investice. V době životnosti technologií jde opět o miliardy korun. Tyto investice mohou z určitého pohledu bránit rychlejšímu rozvoji v oblasti technologií. Operátoři nemohou z ekonomických důvodů často tyto investice odepisovat a provozují tyto investice často až za hranici jejich životnosti. Těmto investicím se ovšem nelze vyhnout a operátoři je mají částečně

kompenzované menší konkurencí na trhu než v jiných odvětvích podnikání. Předhánění mezi konkurenty je omezeno nejenom menším počtem subjektů podnikajících v tomto odvětví telekomunikací, ale také shodnou startovní čarou se svými konkurenty a faktem, že i ostatní operátoři chtějí ze svých investic vytěžit maximum.

Jednou z cest jak operátorům snížit tíživost vysokých investic je povolení a podpora sdílení svých sítí. Operátoři se spolu dohodnou na společné výstavbě síťové infrastruktury a tímto krokem ušetří až polovinu svých investic do této sítě. Tento krok významně uleví operátorům, kteří by jinak kromě investice v řádu miliard za přidělené kmitočty museli sami budovat celou síť. Kromě dělení investic za vybudování sítě se takto operátoři budou dělit i o náklady na údržbu, provoz a modernizaci. To jsou další významné ušetřené částky.

Vezmeme-li si příklad ve sdílení sítě v pásmu 800 MHz, kde operátoři působící na našem trhu startují výstavbu sítě LTE, lze dosáhnout i jiného užitku než nižších investic pro operátory. Každý operátor získal v aukci kmitočty dva párové kanály široké 5 MHz, to znamená, že na pokrytí celého území musí operátoři využít každý kanál zvlášť. Tímto se významně omezí maximální přenosové rychlosti, které technologie LTE nabízejí. Při sdílení sítě všemi třemi operátory by teoreticky mohli nabídnout připojení se šířkou kanálu až 15 MHz. Využili by spojení kmitočtových přidělení, což by znamenalo společné využití celkových 2 x 30 MHz. Na kompletní pokrytí republiky operátoři potřebují minimálně dva oddělené kanály. Nebo využít kanálů tří o šířce 10 MHz. S dostatečně zajištěnou kapacitou jednotlivých základových stanic by takto ze sdílení sítě přímo těžili i koncoví zákazníci zvýšením přenosových rychlostí.

V ČR podobnou dohodu uzavřeli před nedávnou dobou dva největší operátoři na trhu, společnosti T-Mobile a Telefónica O2. V říjnu roku 2013 se dohodli na sdílení sítě GSM a UMTS, v únoru roku 2014 se také dohodli na sdílení budoucí sítě LTE a další budoucí spolupráci. Tato dohoda bude mít dopad na lepší pokrytí signálem a také větší kapacity přenosů dat i hlasových služeb [6]. Tato dohoda je ovšem velký problém pro třetího a zároveň nejmenšího operátora na českém trhu. Prvotní vyjednávání této dohody směřovala ke spolupráci všech tří operátorů. Následně se ovšem společnosti T-Mobile a Telefónica O2 dohodli pouze mezi sebou a společnost Vodafone byla z vyjednávání vyřazena. Pro Vodafone to bude znamenat zhoršení jeho pozice na českém trhu. S tržním podílem okolo 23% [11] je jeho pozice už tak slabší než je u ostatních dvou operátorů a po této dohodě se dva nejsilnější

operátoři ještě spojí. Bude tak muset sám investovat stejné částky jako T-Mobile a Telefónica O2 společně a jeho pozice se naopak může ještě zhoršovat tím, jak dvojice operátorů bude moci rychleji nasazovat moderní technologie. Také už podal na tuto dohodu stížnost k ČTÚ a Úřadu pro ochranu hospodářské soutěže. ČTÚ ovšem reagoval slovy předsedy úřadu Jaromíra Nováka, že... „*předpokládá, že nově uzavřená dohoda o sdílení není exkluzivní a nevyloučí případnou spolupráci s dalšími zájemci*“ [7]. Vodafone se tomuto sdílení přirozeně brání a možná i proto zahájil rychlé pokrývání republiky sítí LTE prozatím v pásmu 900 MHz.

Tyto dohody o sdílení sítí jsou ČTÚ velmi vítány a taktéž v zahraničí nejsou ojedinělé. Většinou se ale tímto sdílením významně nezmění podmínky na trhu se službami elektronických komunikací tak, jak dohoda mezi dvěma největšími českými operátory velmi posílí postavení těchto operátorů a prakticky budou dominovat trhu. Výhody plynoucí z tohoto spojení přinesou z pohledu správy spektra výhody v podobě možné rychlejší modernizace sítí. Jak bylo výše popsáno, operátoři chtějí ze svých investic těžit vždy maximum, s rozdělenými náklady na budování a správu sítí můžeme očekávat také rychlejší inovace. To z pohledu ČTÚ představuje jednu z cest, jak docílit zvýšení rychlosti nasazování nových technologií. Operátoři provozující sdílenou síť budou mít k dispozici více peněz na tyto modernizace a operátor provozující svou síť samostatně bude muset reagovat také. Jenže ho to bude stát více peněz a ty mu samozřejmě někde budou chybět.

Sdílení sítí a spektra mezi operátory jistě není přímo problém moderní správy spektra, ale významná potíž spočívá ve finančních možnostech operátorů. Poslední léta klesá většině světových operátorů obrát a zisk. Tento trend se může neblaze podepsat na modernizacích sítí, které operátoři provozují. Z pohledu správce spektra tedy jde spíše o krok, který umožní operátorům šetřit náklady a část ušetřených nákladů mohou posléze operátoři přemístit do investic na modernizace sítí. Jinak by pokles příjmů operátorů mohl zhatit všechny ostatní snahy jak přinést obyvatelům rychlý a mobilní přístup k internetu.

3.2 Vliv asymetrického provozu na správu spektra

Počet uživatelů připojujících se pomocí mobilních sítí neustále narůstá. S jejich zvyšujícím se počtem roste datová náročnost sítí mobilních operátorů a její kapacity. Díky

tomu se také zvyšují nároky na množství spektra využívaných v těchto sítích. Zvyšování množství spektra pro mobilní služby nelze donekonečna a tak se musí zvýšit efektivita využití těchto kmitočtů. Jednou z cest jak zvýšit efektivnost využití přidělených kmitočtů je adaptace těchto přidělů reálným potřebám uživatelů. Současné modernější technologie jako UMTS (3G) nebo LTE využívají přístupovou metodu FDD (Frequency Division Duplex – frekvenční dělení duplexu), v zásadě se jedná o oddělení frekvenčního spektra pro směr k uživateli (downlink) a směr od uživatele (uplink). Každý směr má vyhrazené stejné množství kmitočtového přidělu, což pro UMTS i LTE odpovídá 5 MHz kanálů. Takto vytvořené dva kanály se označují jako párové spektrum, v tomto případě 2 x 5 MHz. Nebo můžeme říci párové spektrum o velikosti 5 MHz. Ovšem provozu v těchto sítích tato situace neodpovídá. Výrazně převažující je v mobilních sítích (také i v pevných sítích) směr k uživateli (downlink). Většinou uživatelé využívají v mobilních sítích služby jako je čtení webu, stahování emailových zpráv, přehrávání videí, stahování souborů nebo třeba připojení k sociálním sítím. Tento trend se ovšem v poslední době mění. Uživatelé využívají možností moderního internetu a obsah také tvoří. Hojně využívají služeb jako Youtube, Facebook, Instagram, kde sami vkládají vlastní obsah a tím vytěžují i připojení směrem od nich k základovým stanicím. Například vložení videa na Youtube je datově velmi náročné a záleží pouze na kvalitě pořízeného videa. Tyto nároky ovšem stoupají s rychlostí, jakou výrobci na trh uvádějí nové technologické novinky. I přes to bude trend převažujícího toku dat směrem k uživateli stále přetrvávat.

Cesta jak se tomuto trendu přizpůsobit je právě ve využití jiné přístupové metody a to TDD (Time Division Duplex – Časově dělený duplex). V případě použití této metody je pro oba směry komunikace vyhrazeno jedno spojitě spektrum. V tomto spektru jsou jednotlivé signály od sebe odděleny tím, že každý má vyhrazený určitý časový úsek na vysílání. Těmto pevně definovaným úsekům se říká časové sloty. Tato metoda má ovšem také své stinné stránky. Jedná se zde paradoxně také o efektivitu, kdy mezi každé kolo (po odvysílání všech signálů) se mezi další vloží další časový slot, který právě oddělí jednotlivá kola. Tím nám tedy klesne efektivita tím, že přidáme další časový slot, který nenesení informaci. Zde však nemusíme mezi částí spektra vkládat ochranné pásmo, které zbytečně zabírá část spektra a plní pouze roli ochrany. Tyto ochranné bloky zabírají v pásmech 800, 900 a 1800 MHz celkově 40 MHz spektra, které není nijak využito. To si můžeme představit, jako čtyři párové 5 MHz kanály, které jsou zbytečně nevyužité. Také můžeme dynamicky měnit množství a

velikost slotů pro směry komunikace. Tím můžeme dosáhnout zvýšení kapacity pro směr k uživateli (downlink) a snížit kapacitu pro směr od uživatele (uplink). Protože nepotřebujeme stejné množství kapacity pro směr od uživatele, ušetříme část spektra a tu využijeme k posílení kapacity pro směr k uživateli. Takto lépe využijeme celkovou kapacitu sítě a navíc ji můžeme dynamicky měnit. Naproti tomu při frekvenčním dělení je velmi obtížné měnit přiděly v párovém spektru. Hlavní nevýhoda časového dělení vzniká mezi jednotlivými časovými sloty. Zde totiž může dojít k vzájemnému rušení mezi kanály, což při použití frekvenčního dělení odpadá.

Kompletní přechod k TDD je velmi složitý. Pro operátory by to znamenalo kompletní přechod technologie sítě, což by bylo neuvěřitelně drahé. V reálné situaci je to prakticky z finančních důvodů nemožné. Operátoři mají v síťové infrastruktuře investovány desítky miliard korun a jejich okamžitý odpis je nereálný. Správní orgán by situaci neměl o mnoho jednodušší. Musel by kompletně předělat stávající kmitočtové přiděly a taktéž by ho to stálo významné množství peněz. Tento krok je tedy nesmyslný. Netýkalo by se to ovšem přidělů nových, případně situací, kdy operátoři opouští jednu technologii a nahrazují jí jinou. Jedna technologie na bázi TDD se již v ČR používala. Společnost T-Mobile provozovala do 31. března 2012 UMTS síť s touto metodou. Dokonce v rámci prodeje kmitočtů pro síť třetí generace, byly připraveny čtyři 5 MHz kanály v pásmu 2100 MHz pro provoz sítí s TDD. Dále byl v tomto pásmu vyčleněn i jeden 15 MHz kanál pro TDD. T-Mobile síť přestal provozovat, protože ve světě jasně převládly síť UMTS FDD a ani výrobci koncových zařízení nedodávali mnoho zařízení pro tyto síť. Situace byla ztížena o to, že vývoj těchto sítí se prakticky zastavil a síť FDD se dále vyvíjely a výrazně překonaly síť TDD.

TDD tedy využívá upřednostňování toku dat směrem k uživateli na rozdíl od těch směrem od uživatele. Takto dokáže poskytnout větší kapacitu dominantnímu toku a tím ve výsledku lépe využít frekvenční spektrum, na rozdíl od párových spekter pro FDD. U této metody lze ovšem uvažovat o asymetrickém přidělu. To by znamenalo větší kmitočtový přiděl pro část párového spektra, které slouží pro obsluhu provozu směrem k uživateli na úkor části pro směr od uživatele. Takto by vznikly širší kanály na jedné straně a kanály užší na straně druhé. Částečně by se tak vyrovnaly výhody přechodu k TDD sítím. Stále by zde ovšem zůstalo nevyužitá ochranné pásmo, ovšem u TDD se také vyskytují časové sloty bez užitečné informace.

Například v pásmu 800 MHz by mohl asymetrický přiděl vypadat následovně. Namísto párových 5 MHz kanálů by došlo k přesunu části pro směr od uživatele do části pro směr k uživateli.



Obrázek 3 - Asymetrické rozdělení párového kanálu

Při tomto přesném přidělu by nastal problém u technologie LTE, která si poradí pouze se šířkami kanálů 1,4, 3, 5, 10, 15 a 20 MHz. Novější technologie případně úprava stávajících by si s tím ovšem poradila. Například u technologie LTE Advanced existuje možnost využít více kmitočtových kanálů a spojit je do jednoho.

I u sítí LTE se můžeme v některých zemích setkat s metodou TDD. Jedná se hlavně o země Asie, Afriky a Severní Ameriky. Je tedy možné, že tento trend se dostaví i do zemí EU. Zda dojde k výměně FDD za TDD rozhodnou hlavně správní orgány a také výrobci prvků síťové infrastruktury. Ti mohou upřednostňovat jednu z technologií a tím rozhodnout za všechny ostatní. Podstatné budou dohody mezi operátory a správními orgány a technologické trendy v ostatních zemích světa. Proti strategii přechodu na TDD hovoří několik věcí. Jak se ukázalo v aukci kmitočtů v pásmech 800, 1800 a 2600 MHz, operátoři neměli o část spektra v pásmu 2600 MHz určený pro TDD žádný zájem. Obdobný případ nastal při prodeji kmitočtů pro síť třetí generace – UMTS, kdy sice operátoři zakoupili licence i pro spektrum určené pro TDD, jeho využití bylo ovšem jen částečné a dočasné. V zemích EU není v provozu síť s touto metodou, která by obsluhovala větší množství zákazníků. Hlavní důvod malého množství zákazníků se skrýval v technologickém náskoku FDD. V době, kdy u UMTS TDD byla maximální teoretická přenosová rychlost 2 Mbit/s, u UMTS FDD dosahovala až 21,6 Mbit/s. Mnoho zákazníků se proto rozhodlo k přechodu na rychlejší síť. Důvody velkých rozdílů v přenosových rychlostech nejsou technické. V době rozmachu 3G sítí se prostě většina operátorů rozhodla pro FDD a tyto síť se staly dominantními minimálně v rámci Evropy. Z tohoto důvodu se firmy vyvíjející síťové prvky mnohem více soustředili na vývoj technologií právě k sítí FDD a na síť TDD nezbyl prostor.

Proto postupně sítě FDD ovládly evropské trhy. Na druhou stranu v zemích hlavně jihovýchodní Asie dominují sítě TDD. Je tedy možné, že tento trend se bude objevovat i v zemích EU, navíc vezmeme-li v potaz i efektivnější využití spektra založeného na dynamickém přidělování kmitočtového spektra pro využívanější směr komunikace. [8]

3.3 Množství spektra

Důvodem k nasazování nových technologií jsou bezesporu rostoucí nároky uživatelů a služeb na přenosové rychlosti. Nové technologie také umějí lépe využít dané kmitočtové spektrum. Přesněji dokážou na jeden MHz přenést více bitů. Ovšem nároky služeb a uživatelů jsou ještě vyšší, než je tato lepší spektrální účinnost. To má za následek rostoucí nároky moderních technologií ke kmitočtovému spektru.

	šířka kanálů [MHz]
GSM	0,2
UMTS	1,25 – 5
LTE	1,4 – 20
LTE-A	20 – 100

Tabulka 3 - Šířka kanálů využívaná u jednotlivých technologií (*100 MHz se vytvoří spojením více kanálů)

Z výše uvedené tabulky lze vidět, jak rostou nároky nových technologií. Tento trend ovšem jednoho dne zákonitě skončí. Vhodného kmitočtového spektra je jen omezené množství. V současné době je pro služby elektronických komunikací k dispozici 625 MHz v rozsahu 410 – 2600 MHz. Jako nejvhodnější kmitočty pro celoplošné pokrytí jsou označovány kmitočty do 1000 MHz. Ovšem v rozsahu 470 – 790 MHz je nyní provozováno digitální televizní vysílání. To značně omezuje možnosti dalšího rozvoje mobilních sítí s vysokorychlostním přístupem k internetu. Před nedávnou dobou proběhla změna v přidělu kmitočtového spektra pro televizní vysílání. Přechodem z analogového na digitální vysílání se uvolnilo 72 MHz spektra právě pro účely služeb elektronických komunikací. Podobný krok se chystá na příští léta a je spojen se změnou technologie, z DVB-T na DVB-T2. Tímto krokem se zvětší přiděl mobilním operátorům v lukrativní části spektra o 96 MHz. To je o 25 MHz více než při přechodu z analogového na digitální televizní vysílání.

Důležitost dalších přidělů lze vidět z tabulky v Příloze 1. Současný přiděl v pásmu 800 MHz pro LTE pro každého operátora je 2 x 10 MHz. Každý operátor má dva 5 MHz kanály pro

každý směr toku dat. Dva kanály jsou minimální množství na efektivní pokrytí území. Omezení velikosti kanálu na 5 MHz má za následek snížení maximálních teoretických rychlostí technologie LTE. V současné situaci přidělu, tedy není možné v pásmu 800 MHz dosáhnout přenosových rychlostí okolo 100 Mbit/s, jak se v souvislosti s technologií LTE často deklaruje. V současné situaci tedy mohou operátoři v tomto pásmu nabídnout teoreticky přenosovou rychlost 42,5 Mbit/s směrem k uživateli a 14 Mbit/s směrem od uživatele. Mohou sice využít frekvenčních pásem nad uvedený 1 GHz (pásma 1800 a 2600 MHz), ovšem sítě v těchto pásmech nejsou schopny pokrýt rozsáhlejší území a operátoři je používají pro doplnění kapacity v místech, kde je jí nedostatek. Aby mohli operátoři i nadále nasazovat nové rychlejší technologie, bude do budoucna nutné jejich přiděl rozšířit v oblasti pod 1 GHz.

3.3.1 Změny v pásmu pro televizní vysílání

Jak bylo výše řečeno, významnou část vhodného kmitočtového spektra zabírá služba televizního vysílání, celkově zabírá 320 MHz. V době analogového televizního vysílání zabíral jeden kanál pro jednu vysílanou stanici 8 MHz spektra a spektrum bylo širší, v rozsahu 470 – 862 MHz. Po přechodu na digitální vysílání DVB-T se do 8 MHz spektra vejde kanálů pět. Tento krok dokázal i přes snížení celkového množství spektra (z 392 na 320 MHz) nabídnout více televizních stanic. Při analogovém vysílání bylo čtyřicet devět vysílacích kanálů, oproti tomu při šíření digitálního signálu je kanálů čtyřicet. Ovšem v případě digitálního vysílání lze v jednom kanálu provozovat 4 - 6 televizních stanic v klasickém televizním rozlišení podle datového toku. Skupině těchto stanic se říká multiplex. V ČR jsou v současnosti v provozu čtyři multiplexy celoplošné a několik regionálních.

V případě přechodu z DVB-T na novější DVB-T2 se opět zvětší počet stanic, které lze vložit do jednoho multiplexu při zachování obdobné kvality obrazu. Provedením tohoto kroku budou moci správní orgány opět uvolnit část spektra pro služby elektronických komunikací. S tímto krokem se počítá i v rámci zemí EU. Podobně by přechod na DVB-T2 a s tím uvolnění části spektra (nazývané „Digitální dividenda“), odpovídal kroku již provedenému s přechodem z analogového na digitální televizní vysílání. Tento krok byl harmonizován v rámci EU a všechny země tímto prošly a uvolnily pásmo 800 MHz pro sítě LTE. Provedením Digitální dividendy 2 (DD2) by se ve prospěch provozovatelů a zákazníků

služeb elektronických komunikací uvolnilo 96 MHz spektra (kanály č. 49 – 60). To je více než při DD1, kdy se uvolnilo 71 MHz. Digitální dividenda II má být potvrzena na konferenci WRC v roce 2015.

3.3.2 Pásmo pod 1000 MHz

Jak již bylo uvedeno, kmitočty pod úrovní 1000 MHz jsou pro operátory velmi důležité. Mimo pásma pro televizní vysílání se v této oblasti nacházejí ještě kmitočty těsně nad 400 MHz a pásma 800 a 900 MHz. Kmitočty pod 400 MHz jsou určeny pro družicové spoje, leteckou navigační službu a kosmický výzkum. Tato pásma jsou takto stanovena po celém světě a jejich případné změny by byly prosazeny velmi těžko, navíc například v tomto pásmu jsou celosvětově ovládána letadla při přistávání. Také kmitočty nad 960 MHz jsou určeny pro leteckou navigační službu a platí po celém světě. Pásmo 800 MHz je již v současné době využíváno pro služby elektronických komunikací a pásmo 900 MHz také. V pásmu 900 MHz je ovšem provozovaná technologie GSM, která není příliš spektrálně účinná, také je toto pásmo dosti fragmentováno. Nahrazení stávajících sítí GSM spektrálně účinnějšími brání právě přílišná fragmentace spektra. V tomto pásmu tedy bude nutné v budoucnu provést přerozdělení spektra (refarming), aby mohli provozovatelé plynule přejít na moderní technologie (více viz kapitola 3.4).

V pásmu 410 a 450 MHz se dnes provozují služby elektronických komunikací a to se sítěmi s technologií CDMA. Jedná se o hlasové a datové služby. Toto pásmo by mělo být do budoucna určeno pro aplikace nepersonální komunikace (Machine to Machine - M2M) nebo služby včasného varování a pomoci PPDR (Public Protection and Disaster Relief). Zde bude záležet na harmonizačním procesu, organizace CEPT podporuje právě služby PPDR a ty by měly zabrat kmitočty v rozsahu 380 – 470 MHz. V případě neúspěšného pokusu o harmonizaci lze toto pásmo použít pro služby elektronických komunikací, ale ve větším rozsahu než doposud. Toto pásmo je stejně jako pásma 800 a 900 MHz vhodné pro celoplošné pokrytí.

3.3.3 Pásmo nad 1000 MHz

Kmitočty v těchto pásmech jsou dnes v mobilních komunikacích velmi využívány a s ohledem na omezený prostor v pásmech pod 1000 MHz se zde pravděpodobně další

pásma přiřadí pro tyto účely. Je to dáno menší atraktivitou této části spektra, protože signály o těchto kmitočtech nejsou vhodné pro celoplošné pokrytí a jsou využívány pro dokrytí zvýšené kapacity hlavně v hustě zalidněných oblastech. Ale hlavně z tohoto důvodu jsou tyto kmitočty důležité. Se současným množstvím kmitočtů pod 1000 MHz, by operátoři nebyli schopní pokrýt žádanou kapacitu v místech s vysokou koncentrací aktivních koncových zařízení. Dobře je to vidět například na velkých kulturních akcích, kam se dočasně dostává nadměrné množství lidí. Proto můžeme velmi často vidět u takových akcí mobilní základové stanice, které mají za úkol dočasně na malém množství pokrýt výrazně zvýšenou poptávku. Sítě o těchto kmitočtech se ovšem využívají i stále. Opět jde hlavně o místa s vysokou koncentrací osob využívajících služeb daného mobilního operátora, například významné kulturní památky, nádraží, letiště nebo kancelářské budovy.

Využívány jsou jak pro sítě GSM, v pásmu 1800 MHz, tak i pro sítě LTE, v pásmu 2600 MHz, které budou brzy v provozu. V těchto případech slouží hlavně jako výpomoc pro celoplošné protějšky. V případě sítí UMTS (3G) je ovšem pásmo 2100 MHz použito jako jediné. Operátoři tedy nemají jinou alternativu jako v případě sítí GSM a LTE. To samozřejmě výrazně prodražuje budování takových sítí, a je to jeden z dalších důvodů, proč čeští operátoři do těchto sítí tolik neinvestovali a tomu odpovídá i rozsah pokrytí. Pásmo v oblasti pod 1000 MHz bude pravděpodobně vždy nedostatkové, proto jediná cesta jak dosáhnout vysokých přenosových rychlostí bude s pomocí právě sítí v oblasti na 1000 MHz.

Vyčlenění dalších kmitočtů pro služby elektronických komunikací v této oblasti se již připravuje. Jde o tzv. pásmo L, tedy 1452 – 1492 MHz. Podle dokumentu 3S: „Z dlouhodobého hlediska bude celé pásmo určeno k využití v pohyblivé službě (celkem 8 bloků šířky 5 MHz“ [1]. Celé pásmo L je přiděleno pozemní a družicové službě a v současné době je částečně využito pro vysílání digitálního rozhlasu. O tom, zda bude pásmo využito pro služby elektronických komunikací, se bude také jednat na konferenci WRC v roce 2015. Nicméně do budoucna se s ním již počítá pro IMT – Advanced (International Mobile Telecommunications - Advanced).

Pro IMT je připravováno i další pásmo a to je označeno jako 2300 MHz. Přesně je ohraničeno kmitočty 2300 – 2400 MHz. V současnosti se připravují harmonizační podmínky tohoto pásma v rámci Evropy. V současnosti je část tohoto spektra využívána v letecké telemetrii a je možné, že tak zůstane i v době použití ve službách elektronických komunikací. O tom rozhodnou studie kompatibility těchto dvou služeb.

Hovoří se i o dalších pásmech na podporu vysokorychlostních přístupových sítí a to pásma 3,5 a 3,7 GHz. V pásmu 3,5 GHz jde o párové úseky 3410 – 3500 a 3510 – 3600 MHz. V pásmu 3,7 GHz jde jen o jeden úsek a to 3600 – 3800 MHz. Pouze jeden úsek je zde z důvodu podpory přístupové metody s časově děleným duplexem. K tomu správci spektra tlačí z důvodu převažujícího asymetrického provozu v síti. Tato pásma mají být určena pro systémy čtvrté generace (4G), jako je LTE Advanced, kde je zapotřebí větší šířky pásma a nabízejí přenosové rychlosti přesahující 100 Mbit/s až do výše 1 Gbit/s. I o připojení tohoto pásma ke službám IMT rozhodne konference WRC v roce 2015. Sluší se dodat, že rozhodnutí na této konferenci není nutné ze strany správních orgánů respektovat. Poté bude záležet také na harmonizačním procesu, který určí dobu uvolnění těchto kmitočtů.

Dne 29. dubna 2014 ČTÚ zahájil přípravu na aukci kmitočtů v pásmu 3,6 – 3,8 GHz. Pásmo bude podle návrhu Úřadu rozděleno na čtyřicet 5 MHz kanálů a byla stanovena jednou z podmínek minimální přenosová rychlost 10 Mbit/s na jednoho účastníka a pětileté období na pokrytí určité části území podle dosaženého přidělu. Zatím se jedná o předběžný návrh, který musí projít dalšími konzultacemi.

3.3.3.4 Bezlicenční pásma pro síť FWA/BWA, WiFi

Důležitou roli v přístupu k vysokorychlostnímu internetu v domácnostech či na pracovištích v posledních letech hraje bezdrátové připojení. Zde se nejedná o mobilní buňkové sítě, ale o bezdrátové připojení na poslední míli (last mile/first mile connection). Jedná se o přenesení klasické metalické či optické sítě do podoby bezdrátového připojení pro koncové účastníky. Obecně se jedná o tzv. bezdrátové lokální smyčky. Velmi často takto řeší domácnosti pokrytí bezdrátovým internetem své domovy. Nejčastěji používanou technologií je WiFi (Wireless Fidelity). Mohou zde být použity i jiné technologie z rodiny FWA (Fixed Wireless Access) nebo BWA (Broadband Wireless Access).

WiFi je standard IEEE 802.11 a je provozován hlavně v pásmu 2,4 GHz. Poté byl rozšířen i o kmitočty v pásmu 5 GHz. Tato pásma jsou na rozdíl od pásem pro IMT služby bezlicenční, přesněji provozování zařízení vysílajících na těchto kmitočtech jsou na základě veřejného oprávnění. Za jeho využití se tedy neplatí žádné poplatky a každý, kdo splní stanovené podmínky, v nich může vysílat.

Pásmo 2,4 GHz obsahuje v Evropě 13 kanálů, jejichž nosné kmitočty jsou od sebe vzdáleny 5 MHz. Každý kanál je ovšem široký 22 MHz (platí pro 802.11b) a šířka pásma je 83,5 MHz, v rozmezí 2400 – 2483,5 MHz. Z toho vyplývá, že se pásma navzájem překrývají. Z 13 kanálů jsou pouze tři, které se navzájem nepřekrývají (často můžeme vidět u WiFi zařízení, že jsou od výroby nastaveny na 1., 6. nebo 11. kanál). S příchodem modernizovaného standardu 802.11g se začala používat modulace OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) a ta dovolila zúžit kanály na 20 MHz a tím umožnit existenci čtyř navzájem nepřekrývajících se kanálů (1., 5., 9. a 13. kanál). V některých zahraničních zemích je lehce odlišný počet bezlicenčních kanálů, například v USA jsou to pouze kanály 1 – 11, v Japonsku je zase přidán kanál 14., který je úplně oddělený od 13. kanálu. Jinak čísla kanálů odpovídají stejným přiděleným kmitočtům na celém světě. Toto pásmo je tedy přísně harmonizováno.

V tomto pásmu jsou také provozovány osobní bezdrátové sítě, jako ZigBee nebo Bluetooth. Nároky těchto služeb na kmitočtové spektrum nejsou vysoké a vliv přeplněnosti pásma 2,4 GHz v některých místech na ně nemá příliš veliký vliv hlavně z dosahů těchto služeb v řádu jednotek metrů.

č. kanálu	nosná frekvence [MHz]
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472

Tabulka 4 - Kanály pro WiFi v pásmu 2,4 GHz

Dále je pro standard WiFi určeno pásmo 5 GHz, které přišlo již ve druhém vydání standardu IEEE 802.11a. V tomto standardu výrazně narostla přenosová rychlost oproti první verzi, z 2 Mbit/s na 54 Mbit/s. Napomohlo tomu právě pásmo 5 GHz, které přineslo 20

MHz kanály (lze použít také kanály o šířce 40, 80 a 160 MHz). Toto pásmo lze rozdělit na tři části, první v rozsahu 5150 – 5250 MHz lze využít pouze pro pokrytí sítí uvnitř budov, druhá část 5250 – 5350 MHz musí být použita také pouze uvnitř budov, ale navíc musí obsahovat systémy dynamického výběru frekvence (DFS – Dynamic Frequency Selection) a kontroly výstupního výkonu (TPC – Transmit Power Control). U těchto dvou částí platí také omezení ekvivalentního izotropně vyzářeného výkonu (EIRP - equivalent isotropically radiated power) na 200 mW, u třetí části je EIRP omezeno na 1W. Tato třetí část se nachází v rozmezí 5470 – 5725 MHz a umožňuje vysílání uvnitř budov i ve volném prostoru. Také zde platí povinnost použít systémy DFS a TPC.

rozsah frekvence [MHz]	počet kanálů
5150 - 5250	5
5250 - 5350	5
5350 - 5470*	6
5470 - 5725	12
5725 - 5925*	10

Tabulka 5 - Kanály pro WiFi v pásmu 5 GHz (* kanály plánované k volnění)

Zaplňenost pásma 2,4 GHz může pocítit každý uživatel vlastních WiFi sítí a koncových zařízení v husté zástavbě. Nejčastěji se s tímto setkávají lidé vysílající například na sídlištích. Počet provozovatelů WiFi zařízení je velmi rozsáhlý a dochází tak k častým a výrazným poklesům přenosových rychlostí, způsobených přeplněným pásmem. Co se týče pásma 2,4 GHz, zde již není okolo prostor na rozšiřování bezlicenčního pásma. Kolem tohoto pásma se nacházejí jednak pásma pro mobilní sítě, také pásma pro družicové spoje a letecké radary a komunikace. Řešením tohoto problému je přechod na pásmo 5 GHz, kde je výrazně více volných kmitočtů, jednotlivé kanály se nepřekrývají a jsou širší. Přestože pásmo 5 GHz není alespoň prozatím tolik zaplněno, uvažuje se již o jeho rozšíření. Jedná se především o kmitočty 5350 – 5470 MHz a 5725 – 5925 MHz. Tyto kmitočty se v různých zemích světa používají pro bezlicenční pásma, avšak v Evropě tomu zatím tak nebylo.

Celkově je pro využití přístupových sítí FWA, BWA k dispozici 540 MHz spektra. Plánovaný přírůstek 320 MHz se tedy týká pouze pásma 5 GHz, ovšem toto pásmo se časem stane dominantnějším než je dnes. Problém zde je ovšem v dosahu takovéto sítě uvnitř budov, kde při průchodu signálu zdí dochází k významnému poklesu úrovně signálu a tedy

ke snížení přenosových rychlostí oproti pásmu 2,4 GHz. Hlavně v tomto pásmu musí správní orgány hlídat maximální povolené EIRP, protože často narušují provoz meteorologických radarů (kmitočtově umístěných v blízkosti).

Mezi bezlicenční pásma pro přístupové technologie patří také pásmo okolo 60 GHz. Jde o pásmo o rozsahu 57 – 66 GHz. Toto pásmo je určeno například technologií standardu 802.11ad (WiGig – Wireless Gigabit Alliance). Tato technologie je určena pro šíření signálu s velmi vysokou přenosovou rychlostí až v řádu jednotek Gbit/s. Konkrétně v prvním návrhu je maximální teoretická přenosová rychlost až 7 Gbit/s. Signály o takto vysokých kmitočtech se už ovšem nedostanou skrz stěny. Jediné možnosti jsou tedy šíření na přímou viditelnost nebo odrazy od stěn a poté šíření volným prostorem. Jednoznačně jde o šíření na krátkou vzdálenost. V tomto pásmu je 9 GHz volného kmitočtového prostoru a o jeho rozšíření se prozatím neuvažuje. Na určitý čas je zde spektra dostatek, i když ze zkušeností a z rostoucí datové náročnosti víme, že jednoho dne (při využití této části) bude spektra málo i v tomto pásmu.

Nové přiděly v pásmech pro mobilní operátory musí ovšem respektovat poptávku po tomto spektru. V aukci kmitočtů pro LTE nedošlo k prodeji všech kmitočtů v pásmu 2600 MHz. Těžko hodnotit zda o ně nebyl zájem nebo operátoři nechtěli v danou chvíli investovat do spektra další desítky miliónů korun. Rozhodně ale podporují ČTÚ ve snaze vypsát novou soutěž i na zbývající kmitočty v pásmu 2600 MHz. Co se týče případných nových operátorů na českém trhu, pro ně jsou také nejdůležitější kmitočty v pásmu pod 1 GHz. Příděl kmitočtů v pásmu na 1 GHz by pro ně nebyl vhodný, protože na pokrytí velkého území by museli vynaložit obří částky a návratnost takové investice by byla velmi dlouhá. Lze proto očekávat, že připravované aukce kmitočtů v pásmu 3,6 – 3,8 GHz se zúčastní pouze stávající operátoři, pokud vůbec.

3.4 Přerozdělení stávajícího kmitočtového spektra

Jeden z nejdůležitějších kroků pro budoucí využití spektra je schován v současném kmitočtovém přidělu. V době budování GSM sítí stačil operátorům kanál o souvislé šířce 200 kHz a podle toho také dodnes vypadá kmitočtové přidělení v pásmech, kde se systém GSM

provozuje. V Evropě jde o pásmo 900 MHz, v dalších koutech světa se můžeme také setkat s pásmem 800 MHz. K tomuto pásmu se později přidalo také pásmo 1800 MHz pro lepší vlastnosti šíření signálu v hustě obydlených oblastech, typicky ve městech. V dnešní době, nástupu technologií čtvrté generace a pomalém opouštění technologie generace druhé (GSM), je takto rozdělené spektrum velkou překážkou. Vezměme si například systém LTE, který vyžaduje souvislé pásmo minimálně 5 MHz, ideálně však 20 MHz. Nemluvě o technologii LTE Advanced, kde se tyto hodnoty ještě zvyšují na 20 MHz až 100 MHz.

Je úkolem správních orgánů tento problém vnímat a řešit ho. Zde právě nastupuje metoda zvaná refarming, neboli přerozdělení stávajících kmitočtových přidělů telekomunikačním operátorů. V zásadě jde jen o to dohodnout se s operátory na novém uspořádání spektra tak, aby získali co nejdelší souvislý úsek spektra, v ideálním případě s návazností na kmitočtová pásma před, respektive za přerozdělovaným spektrem. V rámci většiny zemí v Evropě, jde v první řadě o pásmo 900 MHz a také pásmo 1800 MHz. Přerozdělení v obou těchto pásmech musí nutně respektovat současné i budoucí plány rozdělení kmitočtového spektra v okolních pásmech, aby nedošlo k podobné situaci v horizontu nástupu modernějších technologií. Podle návrhu ČTÚ by mělo přerozdělení pásma 900 MHz proběhnout do roku 2016, o pásmu 1800 MHz se ve spojitosti s přerozdělením spektra ze strany ČTÚ nehovoří. Cílem ČTÚ je provést přerozdělení v pásmu 900 MHz do konce roku 2016.

3.4.1 Souhrn využívaných kmitočtů v oblasti služeb elektronických komunikací

V současné době se na území ČR využívá k potřebám služeb elektronických komunikací několik kmitočtových pásem. Jedná se zejména o pásma 430, 460, 800, 900, 1800, 2100 a 2600 MHz. S ohledem na vlastnosti šíření elektromagnetických vln a velikost pásem, jsou nejdůležitější pásma 800 a 900 MHz. Signál na těchto kmitočtech se dobře šíří krajinou na větší vzdálenosti a jsou proto určena na pokrývání rozsáhlých oblastí. Signály na vyšších kmitočtech než je 1 GHz se používají hlavně na dokrývání nepokrytých oblastí a na posílení kapacity v místech, kde není dostatečná. Takto je využíváme na pokrytí nejčastěji městských oblastí s menším dosahem. Mohli bychom jimi pokrývat také oblasti mimo město, to by ale bylo velmi nákladné. Z tohoto důvodu považujeme pásma 800 a 900 MHz za

cennější a jsou proto více a efektivněji využívána. A chce-li v těchto pásmech někdo provozovat služby, je výrazně dražší získat licenci. Souvisí to také s omezeným prostorem v těchto pásmech oproti pásmu 1800, 2100 a 2600 MHz.

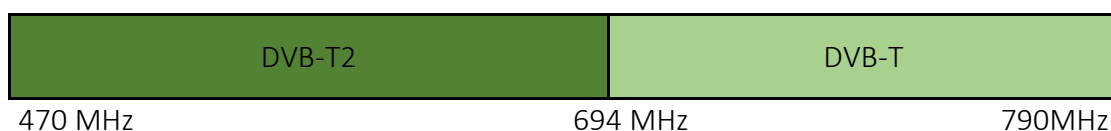
Celkově je tedy v těchto pásmech k dispozici 625 MHz. Níže jsou uvedena všechna pásma a jejich kmitočtové přiděly jednotlivým operátorům s výjimkou pásem 430 a 460 MHz. Navíc je zde uvedeno pásmo pro digitální televizní vysílání, ve kterém je zvažováno uvolnění jeho části pro služby elektronických komunikací.

3.4.2 Obsazení jednotlivých pásem

V následující části jsou graficky znázorněna jednotlivá kmitočtová pásma využívaná ve službách elektronických komunikací a jejich obsazení jednotlivými operátory. V současnosti jsou jednotlivá pásma obsazena třemi operátory (nepočítaje pásma 400 MHz).

3.4.2.1 Pásmo DD2

Zmiňované pásmo DD2 je obsazeno vysíláním digitálního televizního signálu a o jeho případném využití ve službách elektronických komunikací se teprve rozhodne v nejbližší době. Na obrázku je pásmo DD2 označeno jako DVB-T (694 - 790 MHz), což označuje technologii v něm provozovanou a levá část obrázku je označena DVB-T2 (470 - 694 MHz). Právě díky technologii DVB-T2 bude možné zmenšit celkové obsazení spektra digitálním televizním vysíláním tak, aby nedošlo ke snížení počtu vysílaných televizních kanálů.

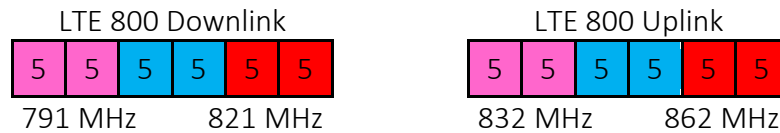


Obrázek 4 - Pásmo pro digitální televizní vysílání. Plánované zúžení pásma po přechodu na DVB-T2

3.4.2.2 Pásmo 800 MHz

Kmitočty v tomto pásmu, byly rozděleny mezi operátory teprve před nedávnem při aukci kmitočtů pro LTE. Obsahuje 60 MHz využitého pásma a 11 MHz ochranného pásma mezi směry toku dat. Je rozděleno po 5 MHz kanálech. První kanál byl v aukci kmitočtů

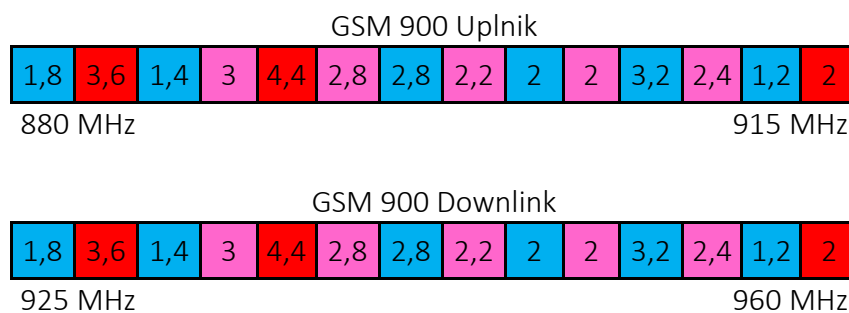
dražen zvláště s nižší vyvolávací cenou z důvodu jeho blízkosti k pásmu pro televizní vysílání. Existuje zde totiž možnost případného rušení mezi těmito dvěma službami, proto ho ČTÚ oddělil od ostatních kanálů.



Obrázek 5 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 800 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone

3.4.2.3 Pásmo 900 MHz

Toto je první kmitočtové pásmo, ve kterém byla v ČR použita technologie GSM. Došlo k tomu již v roce 1996, kdy společnost Eurotel jako první spustila služby v tomto pásmu. Toto pásmo je velmi fragmentované s velikostmi bloků pohybujícími se mezi 1,8 - 4,4 MHz a s počtem 14 párových bloků s celkem párovými 35 MHz (celkem tedy 70 MHz a 10 MHz ochranné pásmo). Právě přerozdělení v tomto pásmu je důležité s ohledem na návaznost s pásmem 800 MHz.

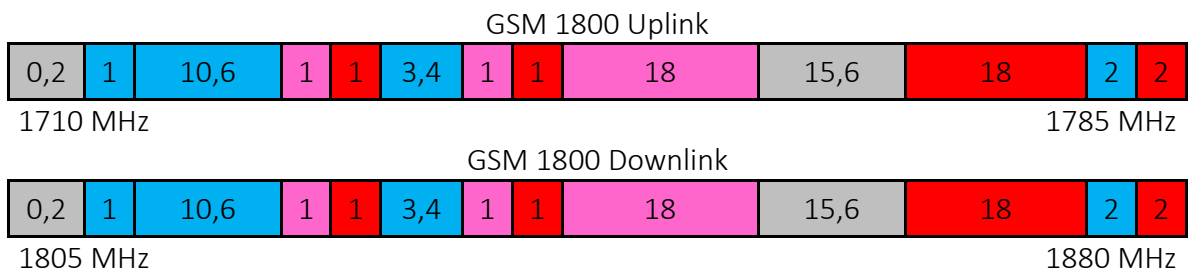


Obrázek 6 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 900 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone

3.4.2.4 Pásmo 1800 MHz

K využití pásma 1800 MHz došlo v roce 2000, kdy se toto pásmo uvolnilo pro služby elektronických komunikací, protože bylo jasné, že pro pokrytí městských aglomerací je pásmo 900 MHz nevhodné. Na rozdíl od signálů o kmitočtu v pásmu 900 MHz se signály v

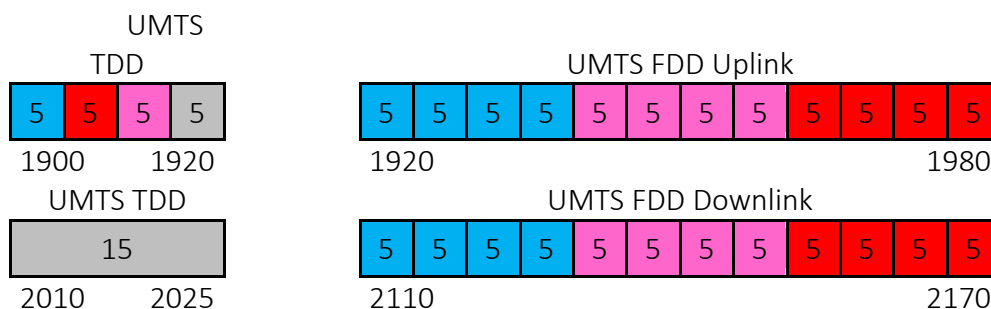
pásmu 1800 MHz mnohem lépe šíří městskými ulicemi a také dovnitř budov, což se rozmachem používání mobilních telefonů a ustupováním od pevných linek stalo důležité. Pásmo 1800 MHz je ještě více fragmentováno nežli pásmo 800 MHz a jsou zde větší rozdíly mezi velikostmi jednotlivých bloků. Přesněji je zde rozptýl šířky kanálů 1 - 18 MHz (mimo prvního bloku o šířce 0,2 MHz, ten ale není využitý). Toto pásmo nabízí celkem 2 x 75 MHz využitého pásma a 20 MHz ochranného pásma, celkem tedy 170 MHz teoreticky využitelného pásma.



Obrázek 7 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 1800 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone

3.4.2.5 Pásmo 2100 MHz

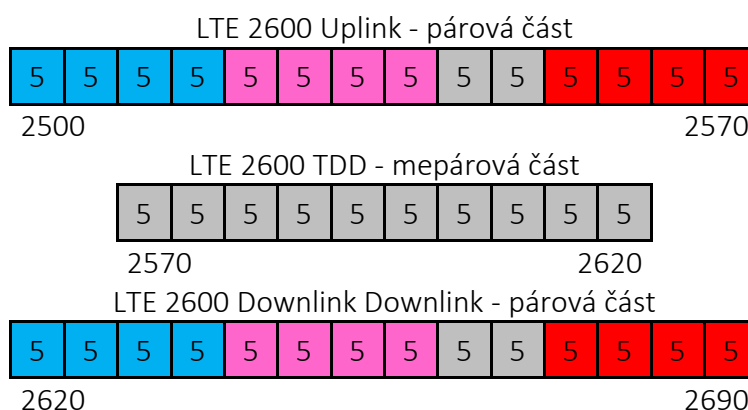
S prudkým nástupem mobilního připojení k internetu bylo třeba umožnit nástup nových technologií označovaných jako sítě třetí generace - 3G. K tomu bylo třeba uvolnit další část spektra, aby tyto sítě mohly pracovat paralelně s dosavadními sítěmi GSM. Bylo zvoleno pásmo 2100 MHz, o které se poprvé v ČR soutěžilo. Přesněji šlo o metodu tzv. soutěže krásy. Nakonec se do soutěže zapojili pouze dva ze tří operátorů a nabídli minimální cenu. Třetí tehdejší operátor Vodafone získal licenci až o 4 roky později. Konkurence mu ale tehdy neutekla, protože díky špatně nastaveným rozvojovým podmínkám jeho konkurence vybuodovala sítě 3G pouze na části území hl. m. Prahy. Pásmo bylo rozděleno na dvě části, každý pro jinou přístupovou metodu. Jedna část byla určena pro časově dělený duplex a druhá pro frekvenčně dělený duplex. Později se ukázalo, že sítě s časovým dělením duplexu nedostačují a provozovány jsou v současné době pouze sítě s frekvenčním dělením duplexu. Jinak je ale toto pásmo rozdělené rovnoměrně mezi všechny tři operátory. Pouze mezi směry toku dat pro FDD je část pásma určená pro TDD a mezera mezi vzestupným a sestupným směrem FDD je 130 MHz a ta část pásma mezi nimi není využita.



Obrázek 8 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 2100 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone

3.4.2.6 Pásmo 2600 MHz

Aby byla zajištěna plná efektivita sítí LTE, je toto pásmo určeno právě pro doplnění kmitočtů z pásma 800 MHz. Stejně jako u technologie GSM, kde sítě fungují v pásmu 900 a 1800 MHz, přičemž každé pásmo je určeno pro pokrývání jiných oblastí, je toto pásmo určeno pro pokrývání městských oblastí, kde by bylo neefektivní využívat kmitočty z pásma 800 MHz. Kmitočty zde byly předmětem aukce v roce 2013 společně s kmitočty v pásmu 800 MHz. Z pohledu na obrázek obsazení spektra je zřejmé, že není zcela obsazeno. V párové části nejsou obsazeny 2 bloky (celkem 4) a nepárová část zůstala kompletně volná. Pásmo o celkové velikosti 190 MHz je rozděleno po 5 MHz blocích a každý ze tří operátorů získal stejný podíl čtyř bloků v párové části. Volná nepárová část, oddělující směry toku dat párové části, má velikost 50 MHz. Zbylé nepřidělené části tohoto pásma budou předmětem další aukce a o přerozdělení zde zatím nemá smysl uvažovat.



Obrázek 9 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 2600 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone

3.4.3 Proces přerozdělení spektra

Již v roce 1996 byly uděleny první licence k využití pásma 900 MHz s délkou platnosti na 20 let. Znamená to tedy, že již v roce 2015 se bude muset jednat o prodloužení těchto licencí. Nelze předpokládat, že by probíhala podobná akce jako s dražbou spektra v pásmu 800 MHz. Tedy aukční systém prodeje nebo ceny za jeden kanál v řádu stamiliónů až miliard korun. Nejčastěji se licence jednoduše prodlouží. Operátoři navíc mají opci na prodloužení platnosti těchto licencí. Toto prodloužení je spojeno s poplatkem, jehož výše je ovšem mnohem nižší než cena za nově přidělené licence. Navíc s tímto prodloužením, mohou být spojeny určité podmínky ze strany autority, jež přiděluje tyto licence. Proces přerozdělení kmitočtového spektra může být jednou z těchto podmínek. V některých zemích tento proces proběhl na popud samotných operátorů. Ti si byli vědomi nutnosti takového kroku, pokud chtěli v těchto pásmech provozovat například síť LTE. Ačkoli čeští operátoři již v současné době síť LTE v pásmech 900 a 1800 provozují (ale v omezeném rozsahu), využívají ale pouze jednotlivých souvislých delších úseků. Těch je velmi omezené množství. I přesto poslední vyjádření některých operátorů ukazují, že jsou proti přerozdělení kmitočtového spektra.

Hlavní důvod proč je nutné projít procesem přerozdělení spektra, je uspořádání jednotlivých přidělů tak, aby jednotliví operátoři měli k dispozici ucelený úsek spektra, v němž by mohla být provozována přenosová síť, která vyžaduje široký frekvenční rozsah. Současný kmitočtový přiděl je velmi fragmentován a obsahuje rozdílné velikosti kmitočtových kanálů. Tento stávající stav je pro nasazení moderních technologií naprosto nevhodný. Vhodnou úpravou, přerozdělením, lze dosáhnout stavu, kdy nebude nutné pro nové technologie alokovat část spektra, která byla původně určena pro jiné služby. Přerozdělení spektra vyžaduje kooperaci mezi operátory a správním orgánem. V některých státech tento proces řídily správní orgány (např. Švédsko) a někde zase sami operátoři (např. Francie). Z pohledu rychlosti nasazování moderních technologií, umožňujících vysokorychlostní připojení k internetu se zdá, že v ČR by se tohoto kroku měl ujmout správní orgán – ČTÚ. Zatímco v zahraničí je dnes běžné pokrytí celých území sítěmi LTE, v ČR je situace úplně odlišná. Až na jednoho operátora, který pokrývá naše území sítěmi LTE. Navíc k tomu využívá pásmo 900 MHz, které k tomuto účelu nebylo původně určeno. Právě na tomto příkladu lze vidět nutnost přerozdělení spektra. Operátor Vodafone provozuje v tomto pásmu síť LTE, používá ale kanály pouze o šířce 3 MHz. Toto omezení se samozřejmě

projevuje na přenosových rychlostech. Při testování se podařilo dosáhnout maximálně rychlosti 15 Mbit/s ve směru k uživateli. To je více než desetkrát méně než technologie LTE dovoluje. Na druhou stranu Vodafone se snažil o spuštění sítě LTE v co nejkratším čase a nevyužil k tomu pásmo 800 MHz, které je na LTE určeno. V budoucnu bude ale mít náskok a síť v pásmu 900 MHz pouze doplní síť v pásmu 800 MHz. Navíc v pásmu 900 MHz stále provozuje síť GSM což ho také omezuje. Přesto by ale nemohl využít širší pásmo, protože jím v současné době prostě nedisponuje. A tuto situaci by jednoduše vyřešilo přerozdělení pásma.

Samotný proces musí započít diskusí mezi operátory a správním orgánem. ČTÚ již s takovou diskusí počítá a v dokumentu „Správy spektra“ tento proces navrhla k veřejnému projednání. Úřad si je vědom, že přerozdělení pásma 900 MHz je jednou z cest, jak v budoucnu přinutit operátory k rychlejšímu přechodu na novější technologie a tím opuštění technologií starých jako je GSM. Je to ovšem otázka deseti a více let. Tento přechod od nejrozšířenější technologie na světě bude jistě bolestivý. Jednak budou muset operátoři znehodnotit staré investice do modernizace sítí GSM a také investovat do sítí nových. Nepříjemné to také bude pro mnoho uživatelů, kteří si budou muset zakoupit nová koncová zařízení, jako mobilní telefony, modemy a další. Ovšem s ohledem na morální trvanlivost těchto zařízení to nemusí být tak náročné jako s přechodem z analogového televizního vysílání na digitální. Při tomto přechodu si uživatelé se starými televizními přijímači museli zakoupit nové přijímací zařízení, využívali-li terestriální vysílání. Uživatelé satelitních nebo kabelových přijímačů takovýto přechod absolvovat nemuseli, protože jich se tato změna netýkala. Mnoho uživatelů již v dnešní době vlastní koncové zařízení, které si poradí s novými technologiemi jako je LTE, proto se tato obměna koncových zařízení bude týkat pouze uživatelů se starými zařízeními. Jistě to také nejsou tak rozsáhlé investice jako na straně operátorů. V zásadě tedy nejvíce budou „biti“ operátoři. Pro ČTÚ to tedy znamená jednak přinucení operátorů k využití nových technologií a tím přinést koncovým zákazníkům kvalitnější služby, ale také splnění programu Vlády ČR „Digitální Česko 2.0“. Ve výsledku to znamená, že ČTÚ je k takovému kroku vlastně nucen. Do konce roku 2020 musí být všem obyvatelům ČR přístupné připojení k vysokorychlostnímu internetu rychlostí alespoň 30 Mbit/s a pro alespoň polovinu domácností rychlostí 100 Mbit/s. Toto ustanovení dostupnosti se explicitně nemyslí bezdrátově nebo mobilně, ale s ohledem na ekonomicky

velmi náročné budování metalických, popřípadě optických vedení je mobilní bezdrátová cesta výhodnější. Úřad sice nemůže přímo nutit mobilní operátory pokrýt vysokorychlostním připojením k internetu celou republiku, ale výrazně se k tomu již přiblížil v rozvojových podmínkách při aukci kmitočtů v pásmu 800 a 2600 MHz. Trh se službami elektronických komunikací je ovšem ze zásady neúplně tržní prostředí. Jak bylo na začátku této práce zmíněno, na takovémto trhu nemůže působit libovolné množství podnikatelských subjektů, protože kmitočtové pásmo není neomezené a tudíž může být na trhu pouze omezené množství plnohodnotných operátorů. Takovýto trh musí být nutně regulován a operátoři musí být s přiměřeným množstvím nuceni třetí stranou investovat do modernizací. Přerozdělením kmitočtů a ustanovením určitých podmínek při prodloužení licencí na využití kmitočtů lze operátory přinutit postupně opustit sítě GSM a přechod na moderní sítě.

Prvním krokem je tedy konzultace přerozdělení kmitočtů s operátory a dalšími subjekty, kterých se tyto změny týkají, ČTÚ se ale nemusí plně řídit požadavky operátorů z důvodů výše zmíněných. Je pravděpodobné, že operátoři se určitým částem požadavků ČTÚ budou bránit. Samotné přerozdělení kmitočtů by jim ovšem zásadně vadit nemělo. Tento proces je spojen jednak s legislativními změnami, jako je zpracování nového kmitočtového plánu nebo právní úprava kmitočtového přidělu, dále také s technickými požadavky, jako je přeladění případně výměna anténních vysokofrekvenčních komponent, tedy se základovými stanicemi.

Z právního hlediska se v případě přerozdělení spektra bude jednat v podstatě o prodloužení stávajících licencí k provozování mobilních sítí v daných pásmech s určitými změnami. ČTÚ musí navíc upravit doby platnosti licencí, aby byly všechny stejně dlouhé. To vychází z nařízení Evropského parlamentu. Bude-li dohoda o přerozdělení kmitočtů obsahovat část o přechodu k jiné technologii, budou tyto licence „zatíženy“ také rozvojovými podmínkami, podobnými těm z aukce kmitočtů v pásmu 800 MHz. V poslední době je velmi prosazovaná tzv. technologická neutralita, která zaručuje provozovatelům volnost ve výběru provozované technologie. Pouze se uplatňují minimální stanovené podmínky jako ale minimální přenosové rychlosti, které byly použity již u aukce kmitočtů v pásmu 800 MHz. V podmínkách by tedy nebylo vynucené použití LTE Advanced, ale minimální přenosová rychlost 30 Mbit/s, tak aby splňovala dokument „Digitální Česko 2.0“. Přesné určení

technologie by se nemuselo vyplatit i proto, že nikdo neví, zda se tato technologie uchytí v reálném provozu. Ovšem případný přechod od LTE na LTE Advanced je poměrně jednoduchý.

Prodloužení licencí je pro operátory výhodnější cesta než nový tendr. Pro operátory to jsou jednotky miliard korun. O ty by sice přišel státní rozpočet, ale z pohledu ekonomického a technického rozvoje je výhodnější nevyžadovat po operátorech další významné částky, když další miliardy korun musí vložit do modernizací sítí.

Proces přerozdělení může probíhat jak pod taktovkou ČTÚ nebo se mohou operátoři dohodnout mezi sebou a Úřad jimi navržené kroky pouze posvětit. Tento postup se objevil například ve Francii při přerozdělení pásma 900 MHz, kdy se operátoři sami dohodli a regulační úřad pouze navrhl změny týkající se uvolnění části spektra pro nového operátora. Ideálně by měl přesun kmitočtů korespondovat s prodlužováním licencí v daném pásmu tak, aby se mohly měnit další podmínky. Jelikož jsou v obou pásmech 900 i 1800 MHz provozovány sítě GSM, bylo by vhodné počítat s budoucím přechodem na moderní sítě a ošetřit toto tak v podmínkách prodloužení licencí. Po určité předem stanovenou dobu by operátoři mohli i nadále provozovat sítě GSM, ale po určité době by byli nuceni přejít na technologie, které by respektovaly požadavky v době, kdy by ke změnám došlo. Z dnešního hlediska, kdy sítě LTE jsou již běžně v provozu, by taková změna mohla vést již k modernějším sítím s technologií LTE Advanced. Tato technologie je ovšem náročnější na využití kmitočtového prostoru. Doba přechodu technologií by byla dohodnuta mezi operátory a ČTÚ tak, aby nutila operátory k přechodu k moderním technologiím, také aby nechala dostatek času připravit se na takový přechod. Dále by měla respektovat situaci v zemích EU, respektive dodržovat případný harmonizační proces navržený některou organizací EU a také ITU, nebo také vybrat část spektra, kde by operátoři mohli i po přechodu na moderní technologie provozovat staré sítě GSM. Tímto krokem by uživatelé s nedostačujícím koncovým zařízením mohli využívat služeb mobilních operátorů i nadále a dosáhli by delší doby, kdy i oni budou muset přejít na modernější koncová zařízení. Po dalším období by se i tato poslední část GSM sítě vypnula. Tím by došlo k definitivnímu přechodu z GSM na sítě s moderní technologií.

V případě, kdy by ČTÚ vůbec nezasahoval do tohoto procesu a nechal by vše na operátorech, mohli by se operátoři sami rozhodnout, kdy by od sítí GSM odstoupili. V tomto

případě by záleželo na počtu zákazníků, kteří by moderních sítí využívali v jiných pásmech a konkurenční boj mezi mobilními operátory, případně s operátory provozujícími služby v nemobilních službách. V samotném procesu přerozdělení spektra by se však nic neměnilo. To by i tak nadále počítalo s budoucím přechodem na moderní technologie.

Jiná je situace v pásmu 1800 MHz. V dokumentu „Strategie správy spektra“ se ČTÚ vůbec o tomto pásmu v souvislosti s přerozdělením spektra nezmiňuje. V tomto pásmu operátoři provozují GSM sítě, pouze ale pro dokrývání kapacit v oblastech, kde je zapotřebí zvýšit kapacitu sítě, typicky ve městech. Z vyjádření společnosti Vodafone k tomuto dokumentu vyplývá, že by více ocenili přerozdělení právě v této části spektra. Je to hlavně z důvodu stále nepřidělených kmitočtů v tomto pásmu a ČTÚ plánuje na blízkou budoucnost prodej licencí právě v tomto pásmu. Již tak současná fragmentace spektra se může ještě zhoršit vlivem právě další aukce. V tomto pásmu by operátoři mohli nabízet služby vysokorychlostního připojení k internetu.

Problém se schovává tak v délce jednotlivých licencí k využívání kmitočtového pásma. V pásmu 900 MHz společnosti Telefónica O2 vyprší tato licence v roce 2016, společnost T-Mobile v roce 2024 a společnost Vodafone v roce 2020. Koordinace případného přerozdělení a dalších operací v tomto pásmu může narazit právě na tento problém. Muselo by se tedy pracovat buďto s dočasným prodloužením licencí pro společnost Telefónica O2 na čtyři roky nebo by musela společnost Vodafone a T-Mobile být ochuzena o čtyři, respektive osm roky, například výměnou za jiné výhody. Navíc, jak bylo výše řečeno, musí podle nařízení Evropského parlamentu regulační telekomunikační úřady srovnat délku těchto licencí. V pásmu 1800 MHz všech operátorům končí licence v roce 2020. Tohoto pásma se tedy tento problém netýká.

3.4.3.1 Plán přerozdělení

Samotný proces musí nutně započít vytvořením prvotních návrhů. Tato fáze by ideálně měla proběhnout pár let před ukončením platnosti licencí v daném kmitočtovém pásmu. V konkrétní situaci pásma 900 MHz je to složitější z důvodu rozdílné délky platnosti licencí, jak bylo uvedeno výše. V situaci, kdyby všechny tři licence vypršely v roce 2016, by počátky procesu musely nastat již tento rok. Proto musí ČTÚ nejdříve vyřešit tuto situaci. V dokumentu 3S se na konci roku 2013 objevily první veřejné informace o plánu Úřadu

provést přerozdělení v tomto pásmu. Ačkoli se tímto problémem dokument více nezabýval, operátoři poměrně jasně vyjádřili svůj nesouhlas s tímto krokem. Tomu předchází kroky s řešením různé platnosti licencí.

Kdyby byl předpokládaným termínem provedení přerozdělení rok 2020, Úřad by musel vydat první návrhy řešení okolo přelomu let 2017 a 2018. Nejprve by tedy vydal svůj návrh jak kmitočty přerozdělit. Poté by se operátoři mohli k tomuto kroku vyjádřit. V obdobných situacích se obvykle koná workshop, kde probíhají jednání s odbornou veřejností a zástupci operátorů. Také probíhá souvislejší korespondence nebo jednání s operátory, kde se obě strany snaží domluvit na konečných podmínkách. Přibližně po roce těchto jednání vydá Úřad předběžné kompletní znění podmínek. Následuje veřejná konzultace tohoto dokumentu. V této situaci se může každý k tomuto dokumentu vyjádřit. V následujících měsících ČTÚ vydá finální znění podmínek se stanoveným datem uskutečnění přerozdělení. Následně musí mít operátoři určitou dobu na přípravy tohoto kroku. Jedná se o legislativní změny a technické přípravy. Nakonec následuje doba samotného provedení přerozdělení.

- 1) Sbírání informací ze zahraničí, kde přerozdělení již proběhlo. První návrh průběhu a podmínek. Rozhodnutí ČTÚ o době počátku přerozdělení.
- 2) Vytvoření podmínek přerozdělení, jako technologická nezávislost kmitočtů. Rozvojové podmínky, například období přechodu k moderním technologiím.
- 3) První vyjádření operátorů, jichž se přerozdělení týká.
- 4) Workshop k danému tématu
- 5) Vydání předběžných podmínek a plánu k veřejné konzultaci.
- 6) Prostor, přibližně šest měsíců, ke konzultaci.
- 7) Vydání finálních podmínek.

8) Prostor pro přípravu operátorů na technologické a legislativní přípravy k provedení přerozdělení spektra.

9) Stanovený termín přerozdělení.

10) Samotné provedení přerozdělení

Po provedení přerozdělení spektra budou operátoři pravděpodobně i nadále provozovat v daném pásmu síť s technologií provozovanou již předtím (v případě pásem GSM 900 a 1800 MHz). Dále záleží na stanovených podmínkách procesu. Je jisté, že bude na toto pásmo uplatněn princip technologické neutrality, která nebude bránit operátorům v této síti provozovat jakoukoli technologii. Úřad ale může stanovit například minimální přenosové rychlosti v dané síti. To by přinutilo operátory vypnout starou síť GSM a přejít k moderním technologiím. Tento krok by byl předem konzultován s operátory a doba přechodu dopředu ohlášená a dostatečně dlouhá, aby se operátoři a koncoví zákazníci mohli na tento krok připravit. Ideálně by tento krok měl být harmonizován, alespoň v Evropě, s okolními zeměmi. To je důležité hlavně vzhledem k zahraničním návštěvníkům, aby při návštěvě ČR nemuseli měnit SIM karty nebo mobilní terminály. Ostatně obecně harmonizace v rámci zemí EU je velmi důležitá. Již při přechodu z analogového televizního vysílání na digitální se odborná veřejnost a kritici přechodu obávali o možné rušení vysílání v pohraničí hlavně s Polskem. V té době totiž v Polsku stále běželo pouze analogové vysílání a možnost rušení zde existovala.

3.4.4 Přerozdělení v pásmu 900 MHz

Pásmo 900 MHz je vzácnější a cennější nežli pásmo 1800 MHz. Jednak z důvodů lepšího šíření, ale také z důvodu jeho polohy vedle pásma 800 MHz. Vezmeme-li v potaz budoucí rozšíření pásma 800 MHz o kmitočty z digitální dividendy 2, jsme zde schopni vytvořit jedno souvislé pásmo o šířce 266 MHz (694 - 960 MHz). Pokud bychom uvažovali současný počet tří operátorů, každý by mohl získat příděl v tomto "superpásmu" 80 MHz (s

uvažovaným ochranným pásmem o šířce 26 MHz). Díky tomu by bylo snadné nasadit zde nejmodernější technologie.

Je více možností jak zde přerozdělení provést. Výše uvedené “superpásmo” je jen jedna z možností, zato ale asi nejvhodnější a zároveň nejméně pravděpodobná. Takto spojená tři pásma (pásma z DD2, 800 MHz a 900 MHz) by šlo rozdělit tak, aby každý ze tří uvažovaných operátorů získal souvislý blok o velikosti 80 MHz, respektive párové pásmo o šířce 40 MHz. To by ale vyžadovalo vhodný příděl v pásmu 700 MHz po televizním vysílání, přerozdělení v pásmu 900 MHz, také ale přerozdělení v pásmu 800 MHz. S ohledem na nedávno proběhnuvší aukci kmitočtů v pásmu 800 MHz, kde každý operátor získal párový příděl 2 x 5 MHz (celkem tedy 20 MHz), respektive párově 10 MHz, by bylo nutné přerozdělit i toto spektrum. Což se může jevit jako problematické a těžko se hodnotí, jak by se k tomuto eventuálně postavil ČTÚ a samozřejmě i operátoři.

Další možností je pásmo 900 MHz přerozdělit podle klíče z přídělu v pásmu 800 MHz, tedy po 5 MHz kanálech. Logicky by mělo navazovat na pásmo 800 MHz a pásmo s DD2 by mohlo být v budoucnu přiděleno buď s ohledem na tato dvě pásma, nebo by mohlo být přerozděleno nezávisle na těchto dvou.

Poslední možností je nebrat ohled na okolní pásma a rozdělit ho tak, jak bude aktuální situace vyžadovat, tedy asi s co nejdelší souvislostí. Zásady správy kmitočtového spektra, ale jasně hovoří, že by kmitočty měly být využívány co nejefektivněji.

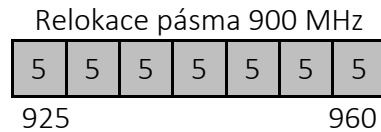
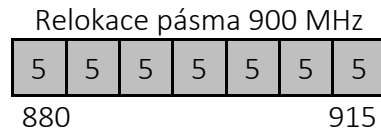
Ačkoli je to cesta nejsložitější, bylo by ideální, aby došlo k vytvoření onoho zmíněného “superbloku”. Otázka zní, kdy by k přerozdělení mělo dojít. Aby došlo k vytvoření “superbloku” jsou pro něj nutné uvolněné kmitočty z DD2, tedy po ukrojení části kmitočtů určených pro digitální televizní vysílání a přechodem z technologie DVB-T na DVB-T2. K tomuto může výhledově dojít až po roce 2018. Klíčová bude WRC v roce 2015, kde by mělo padnout rozhodnutí o harmonizačním procesu a potvrzení přechodu na novou technologii televizního vysílání. V dalších letech se bude řešit legislativní proces spojený s vlastním přechodem, dále také technologický přechod a poté postupné vypínání vysílacích kanálů v pásmu 700 MHz a jejich postupné uvolnění pro služby elektronických komunikací. K rozhodnutí o vytvoření “superbloku” by mělo dojít na počátku technologické proměny televizního vysílání, aby se na toto mohli všichni připravit. Příděl v pásmu DD2 a k přerozdělení by mohlo dojít v jednom procesu a v něm by došlo i k přerozdělení pásma 800 MHz. Nicméně takovýto proces by byl velmi náročný a není vůbec jisté, zda by na toto

přistoupili operátoři. Za loňskou aukci kmitočtů vydali velké množství peněz a takto rozsáhlé navýšení kmitočtů v této části spektra by pro ně nemuselo být žádoucí. Nabídka v této vhodné části spektra by se významně rozšířila o 100 MHz a tím by vlastně klesla hodnota jimi již zakoupených kmitočtů v pásmu 800 MHz. Není tedy jisté, jestli by o tyto kmitočty vůbec stáli. I tak jejich investice v příštích letech narostou o budování sítí LTE. Samotné přerozdělení pásma 900 MHz je ovšem trochu jiná situace. Licence na využívání kmitočtů v tomto pásmu budou v následujícím období končit (pro Telefonícu O2 a T-Mobile 2016 a pro Vodafone 2020) a ČTÚ by místo nového výběrového řízení mohl přistoupit na výrazně nižší poplatek za prodloužení licence s tím, že by došlo k přerozdělení. Operátoři by nevynakládali další miliardy korun za nákup licence, ale místo toho se mohli soustředit na investice do rozvoje moderních technologií právě v tomto pásmu. Poté by se případně kmitočty v pásmu z DD2 mohly nabídnout novým subjektům, měli-li by o ně zájem. Reálně tedy hovoříme v případě samotného přerozdělení o období cca 2020 - 2022. Přidáme-li do toho i DD2 dostaneme se ještě o pár let do budoucnosti.

3.4.4.1 Přerozdělení s ohledem na pásmo 800 MHz

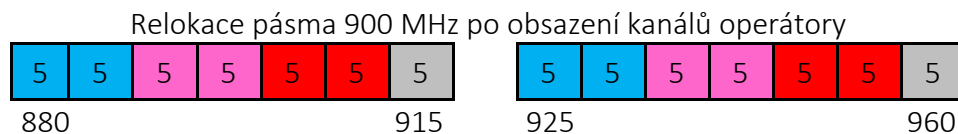
Tento postup se jeví jako nejvíce pravděpodobný vzhledem k nedávnému přidělu v pásmu 800 MHz. Pásmo 900 MHz by v tomto případě mělo rozšířit kapacitní možnosti operátora v nabízených službách vysokorychlostního mobilního připojení k internetu s využitím technologie LTE, která je provozována v pásmu 800 MHz. Ovšem k tomuto přechodu k technologii LTE v tomto pásmu by mohlo dojít až v době, kdy budou sítě s technologií GSM těsně před svým koncem. Mezi tím by operátoři nadále provozovali v tomto pásmu sítě GSM.

Hranice tohoto pásma jsou v této době stanoveny na kmitočtu 880 MHz a na druhé straně 960 MHz. Ochranné pásmo je v rozmezí 915 až 925 MHz. Takto bychom mohli obě půlky rozdělit po 5 MHz kanálech a vzniklo by nám tedy sedm 5 MHz kanálů pro každý směr toku dat, při zachování ochranného pásma.



Obrázek 10 - Rozdělení pásma 900 MHz po kanálech o velikosti 5 MHz

V tomto pásmu má Telefónica O2 a T-Mobile stejné množství kmitočtového přidělu - 12,4 MHz a společnost Vodafone 10 MHz. Po tomto rozdělení by tedy každý z operátorů získal dva kanály po 5 MHz jeden a druhý blok by zůstal neobsazen. O něj by mohli operátoři později soutěžit.



Obrázek 11 - Rozdělení pásma 900 MHz po 5 MHz a přidělení kanálů jednotlivým operátorům. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone

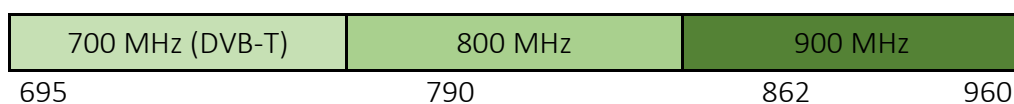
Tento stav by v zásadě odpovídal stavu z pásma 800 MHz a operátoři by mohli rozšířit kapacitu svých sítí použitím dvou celých 10 MHz kanálů oproti současným 5 MHz pouze v pásmu 800 MHz.

Takto rozdělené pásmo by pravděpodobně skončilo, i kdybychom ho rozdělovali bez ohledu na pásma okolní. Moderní technologie jako LTE nebo LTE Advanced sice dokážou využít mnohem širší pásmo než uvedených 5 MHz (respektive 10 MHz), operátoři ale většinou v současnosti využívají kanál o šířce právě 5 MHz. To má zásadní vliv na přenosové rychlosti v dané síti a v zásadě nic operátory nenutí k použití širších kanálů tak, aby nabídli zákazníkům vyšší maximální přenosové rychlosti. To je ovšem dáno současným omezeným přidělem v pásmu 800 MHz, kde má každý operátor k dispozici právě dva kanály o šířce 5 MHz pro každý směr. Tímto postupem přerozdělení by nastala možnost takovýto kanál rozšířit právě na 10 MHz a tím koncovým zákazníkům nabídnout výrazné navýšení přenosových rychlostí.

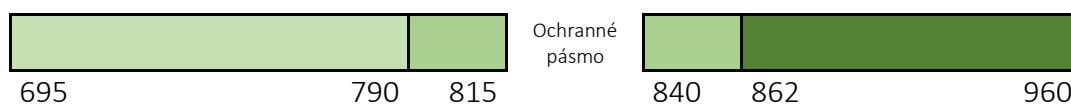
Takovéto možnosti přerozdělení ovšem platí pouze pro tři operátory. Není jisté, jestli se ČTÚ nebude snažit dostat na český trh další společnost, která by měla zájem nabízet služby elektronických komunikací. V zásadě by se toho mnoho nezměnilo, muselo by se ale počítat s tím, že se o stejné množství spektra může ucházet větší počet uchazečů. To by mohlo zamíchat karty v rozdělení spektra a mohlo by opět dojít k nechtěné fragmentaci spektra.

3.4.4.2 "Superpásma"

Vznikem "superpásma" je již výše věnován prostor. Jedná se o spojení pásem 800, 900 a 700 MHz. Pásmo 700 MHz je zbytek pásma z přechodu digitálního televizního vysílání DVB-T na novější standard DVB-T2. Tímto přechodem by se mohlo toto pásmo zúžit přibližně o 100 MHz a tento díl využít právě ve službách elektronických komunikací. Pásmo v této oblasti je velmi cenné a tento proces by tedy byl velmi vhodný. O využití tohoto dílu se sice definitivně rozhodne na konferenci WRC v roce 2015, ale předem se počítá právě s nasazením tohoto pásma ve službách elektronických komunikací. Spojením těchto tří pásem by vzniklo souvislé pásmo o celkové šířce 265 MHz. Řešíme hlavně obousměrnou komunikaci, musíme tedy počítat s rozdělením pásma na dvě části tedy 132,5 MHz pro každý směr komunikace. Nesmíme ovšem zapomenout na hlavní cíl správy spektra a to je ochrana proti rušení. Mezi oběma směry komunikace musí být určitá mezera tak, aby se zabránilo vzájemnému rušení. S ohledem na nastavené ochranné intervaly v pásmu 800 MHz a vhodným zaokrouhlením by bylo záhodno stanovit šířku tohoto pásma na 25 MHz. Tedy pro jeden směr komunikace 120 MHz, pro druhý také 120 MHz a 25 MHz ochranné pásmo.

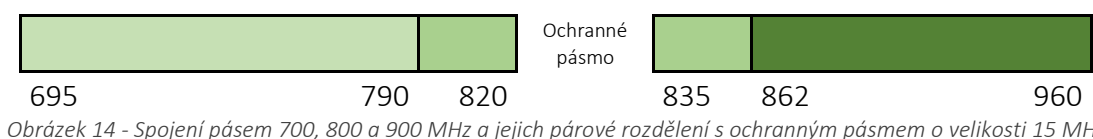


Obrázek 12 - Spojení pásem 700, 800 a 900 MHz

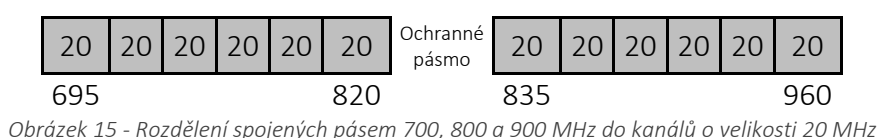


Obrázek 13 - Spojení pásem 700, 800 a 900 MHz a jejich párové rozdělení s ochranným pásmem o velikosti 25 MHz

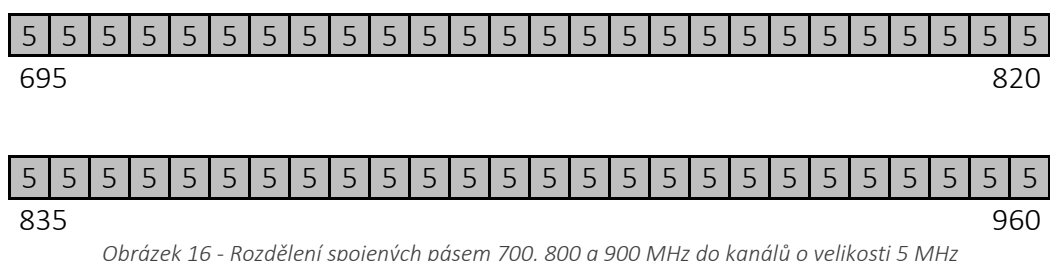
Případně snížit ochranné pásmo o 10 MHz na šířku 15 MHz a získat 5 MHz navíc v každém směru toku dat. Tím vznikne 125, 125 a 15 MHz.



Takto vzniklé pásmo můžeme rozdělit po 20 MHz kanálech, čímž vznikne v prvním případě šest kanálů v každém směru toku dat. Tedy šest párových kanálů širokých 20 MHz.



Nebo analogicky rozdělit pro druhý případ. Tím buďto získáme šest kanálů, každý o šířce 20,83 MHz nebo možná lépe po 5 MHz kanálech, aby sami operátoři mohli přizpůsobit svůj kmitočtový příděl vlastním budoucím požadavkům a tím efektivněji využít vlastní finance.



Toto rozdělení ovšem může přinést problém s efektivním využitím spektra, jako v případě pásma 800 nebo 2600 MHz. Operátoři nemusí zakoupit všechny kanály, což ovšem samotný problém není, ten by nastal v případě mezer mezi přiděly právě jako v pásmu 2600 MHz. Další problém by mohl nastat v případě promíchání přidělů mezi operátory. Muselo by se tedy v podmínkách tendru (ČTÚ prohlásil, že se bude jednat hlavně o formu aukce) stanovit jako podmínka nákup souvislých kmitočtů a také, aby na sebe operátoři navazovali. Zbylé kanály mohou být předmětem pozdějšího přidělu, který může probíhat formou přímé

nabídky jednotlivým společnostem, které by projevily alespoň nějaký zájem o podnikání ve službách elektronických komunikací.

Případný vznik „superpásma“ by byl značně komplikovaný. Muselo by tedy dojít k úpravě v pásmu 800 MHz tak, aby na toto pásmo mohlo navazovat pásmo 700 MHz. V případě šířky kanálů 20 MHz by to bylo obtížnější než v případě 5 MHz kanálů. V tomto případě by pouze stačilo posunout začátek „superpásma“ na hodnotu 696 MHz a takto by kanály navazovaly na současné rozdělení v pásmu 800 MHz o hodnotě 791 MHz. Tím by se nám zvětšilo ochranné pásmo oddělující pásmo pro DVB-T2 na dvojnásobek původní hodnoty - 2 MHz.

Použijeme-li verzi s 20 MHz kanály, nutně bychom museli přistoupit k přerozdělení pásma 800 MHz. V aukci kmitočtů v pásmu 800 MHz se ukázalo, že menší zájem byl o první blok, ve kterém hrozilo rušení od digitálního televizního vysílání. S tímto poznatkem by bylo vhodné uvažovat o větším odstupu počátku takto vytvořeného pásma dále od konce pásma s televizním vysíláním. Nicméně až reálné měření a zkušenosti ukážou, zdali tato obava byla reálná.

ČTÚ by rád provedl přerozdělení v tomto pásmu do konce roku 2016, operátoři ovšem s tímto krokem nesouhlasí a argumentují snížením kvality poskytovaných služeb v pásmu 900 MHz v případě, že by přerozdělení proběhlo. Ovšem cíl ČTÚ provést přerozdělení do konce roku 2016 se v tuto dobu zdá nespílitelný.

3.4.5 Přerozdělení v pásmu 1800 MHz

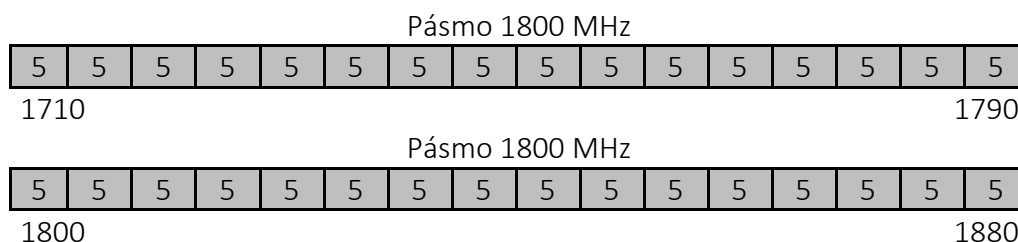
Přerozdělení kmitočtů v pásmu 900 MHz je důležitým krokem k nasazení moderních a rychlých technologií. Pásmo 1800 MHz je taktéž určeno společně s pásmem 800 a 2600 MHz pro sítě nové generace. Situace s fragmentací spektra je podobná pásmu 900 MHz. Výhodou tohoto pásma je jeho velká šířka. Celkem 170 MHz z toho je 150 MHz využito. Na toto pásmo navazuje další pásmo určené pro sítě třetí generace. V ideálním případě by i zde mohlo vzniknout jakési „superpásmo“ o celkové šířce 460 MHz. Na rozdíl od pásma 900 MHz ovšem není vhodné na pokrytí rozsáhlých oblastí, ale své uplatnění najde hlavně ve městech.

Vhodným přerozdělením kanálů v tomto pásmu bychom dosáhli navázání k pásmu 2100 MHz a zajistili tak dostatek prostoru pro budoucí technologie a kvalitní a rychlé pokrytí měst a hustě zalidněných oblastí. Situace je tedy podobná jako v případě pásma 900 MHz. Pásmo je fragmentováno a velikost přidělů jednotlivým operátorům se liší. Donedávna toto pásmo nebylo zcela zaplněno, to se změnilo s aukcí kmitočtů pro sítě LTE v roce 2013, kde se nepřidělená část pásma 1800 MHz stala cílem společnosti Vodafone.

Možnosti přerozdělení tohoto pásma jsou chudší než u pásma 900 MHz. Je to dáno zejména neexistencí využívaných kmitočtů ve službě elektronických komunikací v okolí jedné strany od tohoto spektra. Naopak na druhé straně (napravo od pásma 1800 MHz) se nachází pásmo 2100 MHz pro sítě třetí generace. Pásmo 2100 MHz je rozděleno na čtyři části. První je část pro TDD, tedy pro sítě s přístupovou metodou časového dělení, dále se nachází vzestupný směr komunikace pro FDD, sítě s frekvenčně děleným přístupem, třetí část tvoří jeden velký 15 MHz blok opět pro TDD a nakonec sestupná část FDD. Kromě 15 MHz bloku pro TDD jsou všechny ostatní kanály stejně veliké a to 5 MHz. První část TDD je obsazena ze tří čtvrtin, ze čtyř bloků obsadili všichni tři operátoři jeden blok. Část pro FDD je obsazena plně a vhodně rozdělena. Každý operátor využívá čtyři kanály v každém směru, tedy 20 MHz pro vzestupný směr a 20 MHz pro sestupný směr.

3.4.5.1 Rozdělení pásma 1800 MHz po 5 MHz kanálech

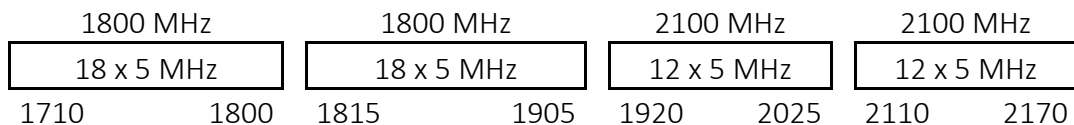
Rozdělit pásmo po 5 MHz kanálech je asi jednou z mála možností přerozdělení tohoto pásma. Platí stejně jako u pásma 900 MHz, že každý operátor lépe přizpůsobí svůj přiděl rozsahu svých možností. A také lze vhodně navázat k pásmu 2100 MHz.



Obrázek 17 - Přerozdělení pásma 1800 MHz do kanálů o velikosti 5 MHz

Celkově by se do takto rozděleného pásma vešlo osmnáct 5 MHz kanálů pro každý směr komunikace. Ty by odděloval ochranný pás o šířce 10 MHz a při uvažovaném napojení na pásmo 2100 MHz by od provozu sítí třetí generaci oddělovalo pásmo pro TDD, které je taktéž široké 10 MHz, a ačkoli je přidělené operátorům, není v současné době používáno.

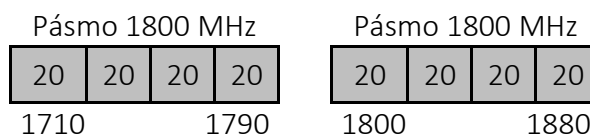
Pásmo 2100 MHz není třeba přerozdělovat, proto se reálně nedá uvažovat nad vytvořením velkého pásma spojením pásem 1800 a 2100 MHz. Na druhou stranu hustota pokrytí sítěmi třetí generace není v ČR nikterak valná (průměrně 80 % obyvatelstva a 40 % území), není tedy vyloučen relativně brzký odchod od těchto sítí a jejich nahrazení sítěmi generace čtvrté popřípadě páté. V takovém případě by vytvoření velkého pásma bylo ideální. Kdybychom vzali v úvahu i pásmo 2600 MHz, celkový možný kmitočtový příděl by byl kolem 500 MHz a to by zaručilo s ohledem na ochranná pásma prostor až 80 MHz na jeden směr komunikace. Což by se blížilo maximální šířce kanálu pro LTE Advanced, které je stanoveno na 100 MHz a teoreticky přináší přenosové rychlosti až 3 gigabity za sekundu.



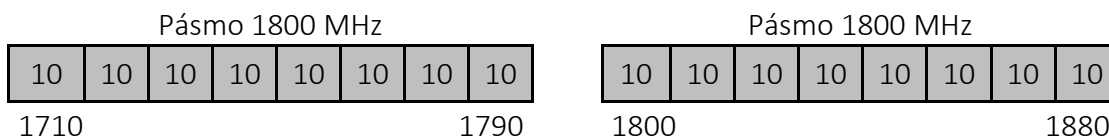
Obrázek 18 - Bližší pohled na blízkost pásem 1800 a 2100 MHz a jejich rozdělení po 5 MHz

3.4.5.2 Samostatné rozdělení pásma 1800 MHz

Druhá možnost rozdělení pásma 1800 MHz nebere ohled na pásmo 2100 MHz, které by se ponechalo čistě pro sítě třetí generace. V každém směru je tedy k dispozici 80 MHz, což by nahrávalo rozdělení na čtyři 20 MHz kanály nebo osm 10 MHz.



Obrázek 19 - Rozdělení pásma 1800 MHz na kanály o velikosti 20 MHz



Obrázek 20 - Rozdělení pásma 1800 MHz na kanály o velikosti 10 MHz

Na závěr se hodí podotknout, že ČTÚ se v návrhu správy spektra pro další období o přerozdělení pásma 1800 MHz vůbec nezmiňuje. Paradoxně o nutnosti přerozdělení v tomto pásmu hovoří někteří operátoři na rozdíl od pásma 900 MHz, kde to prosazuje ČTÚ.

3.4.6 Řízení procesu přerozdělení kmitočtů

Podle současných vyjádření operátorů na českém trhu si žádný z nich v nejbližší době přerozdělení kmitočtů v pásmu 900 MHz nepřeje. Hlavním důvodem je pro ně jistě finanční náročnost této operace a neochota v blízké době opustit sítě GSM. Pro ČTÚ je přerozdělení kmitočtů rychlejší cesta k opuštění pomalých a spektrálně neefektivních sítí GSM. Tím by došlo k efektivnějšímu využití spektra a přineslo by to pro koncové zákazníky zkvalitnění služeb. Určitě by ale ČTÚ operátory přímo nenutil opustit sítě GSM. Zásadními otázkami tedy je kdo má být za tento proces zodpovědný, kdo ho má platit a jaké výhody přinese.

Jestliže bude ČTÚ chtít provést přerozdělení bez ohledu na operátory, bude se muset iniciativy ujmout sám. Ovšem doba, do které chce ČTÚ stihnout přerozdělit kmitočty v pásmu 900 MHz je v současném stavu příliš krátká. Přípravy by již musely běžet v plném proudu, aby se stihl termín konce roku 2016 a operátoři by již nutně museli být s harmonogramem seznámeni. Vhodnější by bylo načasovat přerozdělení na dobu, kdy budou končit licence na kmitočtový přiděl. Zde ovšem nastává problém jiný a to rozdílná doba platnosti licencí jednotlivých operátorů v pásmu 900 MHz.

Ve Francii tento proces byl plně v moci samotných operátorů, kteří se mezi sebou na přerozdělení spektra dohodli. Situace zde byla ztížená o vstup nového operátora na trh a stávající operátoři museli uvolnit část přerozdělovaného spektra novému operátorovi. Naproti tomu ve Švédsku přerozdělení řídil místní telekomunikační úřad PTS.

Financování tohoto kroku bude jistě svárem jednání mezi ČTÚ a operátory. Ze strany ČTÚ se bude jednat zejména o náklady na změny v administrativním přidělení kmitočtů, koordinace celého procesu a další právní kroky spojené se změnou kmitočtových přidělů. U

operátorů bude nákladné samotné přeladění antén na nové kmitočty, administrativní úkoly spojené s novými přiděly a mnoho hodin práce svých zaměstnanců. Pro hrazení těchto nákladů, byly vypracovány návrhy.

Jedna z možností financování přerozdělení spektra je v případě vstupu nového operátora na trh. V tomto případě mohou být tyto náklady přesunuty právě na nového operátora. Došlo by k dohodě mezi stávajícími a novým operátorem, obvykle s asistencí správního úřadu, o tom jakou část z těchto nákladů kdo zaplatí. V případě ČR je tato možnost prozatím bezpředmětná, protože se nezdá, že by na trh chtěl vstoupit nový operátor.

V případě, kdy tento proces vynutí správní orgán, by bylo vhodné, aby tento krok financoval právě on. Převážně by se jednalo o finance získané z poplatků za spektrum, případně by mohl přispět stát ze svého rozpočtu.

Další možnost existuje v podobě založení národního fondu pro financování přerozdělení kmitočtů. Do tohoto fondu by společně přispěli operátoři i správní orgán, případně noví zájemci o vstup na trh a stát. Z něj by se poté platily veškeré náklady spojené s procesem přerozdělení kmitočtů.

ČTÚ by také mohl obměkčit operátory tím, že jim poskytl určité výhody výměnou za přerozdělení spektra. Těmito výhodami by mohlo být například snížení poplatků za užívání spektra nebo daňové výhody. Slevy na dani ovšem nejsou v rukou správních orgánů, nýbrž Ministerstva financí, popřípadě vlády ČR. ČTÚ by nejprve musel uzavřít dohodu se státem o těchto daňových výhodách. Je ovšem nepravděpodobné, že by státní aparát s těmito výhodami souhlasil. Další snížení poplatků za užívání spektra by mohlo být spojeno s nasazením spektrálně účinnějších technologií, než jsou stávající. Tím by ČTÚ mohl dosáhnout i rychlejšího odchodu od GSM sítí.

3.4.7 Technická opatření přerozdělení kmitočtů

Z technického hlediska by pro operátory neměl být výraznější problém provést přeladění jednotlivých antén na změněné frekvence. Většina antén používaných mobilními operátory nabízí parametry provozu antény v rozmezí celého pásma 900 MHz. Poté stačí přehrát vzdáleně do antény program a přenastavit tak anténu. Tento postup by se ovšem

týkal každé jednotlivé antény. Tato práce by zabrala mnoho hodin a zaměstnala množství techniků. Operátoři by tak museli investovat další peníze do tohoto procesu.

Tohoto kroku by operátoři mohli využít k redukcí počtu kanálů využívaných pro GSM síť. Každý operátor má jiný počet kanálů v pásmu 900 MHz, Telefónica O2 má šest kanálů, T-Mobile kanálů pět a Vodafone tři kanály. A právě Vodafone pro GSM síť využívá pouze dva kanály ze tří. V třetím kanálu provozuje síť LTE a pokrývá s ní mimoměstské oblasti. Aby ostatní dva operátoři zmenšili počet kanálů pro GSM, znamenalo by to předělat jejich systém přidělování kmitočtů jednotlivým základovým stanicím. To znamená další investice, které nejsou nutné. Na druhou stranu Vodafone tímto krokem prošel a v této době ho využívá v budování náskoku v nabídce vysokorychlostního připojení k internetu oproti konkurenci.

Při přeladování kmitočtů antén může dojít k dočasnému přerušení provozu v oblasti dané základové stanice. Při této operaci mohou operátoři přijmout opatření jak tomuto problému zabránit a to dočasným sdílením sítí. Takové opatření by bylo časově omezeno a mohlo by obsahovat určité kompenzace pro ostatní operátory.

Technické požadavky při přerozdělení kmitočtů jsou poměrně velké. Problém může nastat hlavně v okamžiku samotného přeladování antén. V této době může dojít k dočasnému výpadku nabízených služeb. Tento problém by nebyl tak vážný, jako u čistě datových sítích. Síť GSM se ale v ČR používají pro přenos hlasových služeb a v době přeladování může nastat vážná situace typu nutné lékařské pomoci. Proto je nutné přijmout opatření, která by zabránila výskytu těchto situací. Jinak by ale technická část přerozdělení neměla způsobit významnější problémy.

3.5 Ukončení GSM sítě

Dalším z úkolů správce spektra jistě bude postupné opuštění nejrozšířenější technologie ve službách elektronických komunikací na světě – GSM. Jedním z hlavních důvodů, z pohledu správce spektra, je neefektivní využití spektra. Na přenos jednoho bitu dat je zapotřebí většího množství spektrální šířky než u moderních technologií. Dále tato technologie i s mnoha vylepšeními zdaleka nedosahuje přenosových rychlostí jako síť nové generace.

technologie	rychlost (downlink)	šířka kanálu [MHz]	spektrální účinnost [kbit/s/MHz]
CSD (GSM)	9,6 kbit/s	0,2	48
GPRS	20 kbit/s	0,2	100
EDGE	59,2 kbit/s	0,2	296
UMTS	2 Mbit/s	5	400
HSPA	21,6 Mbit/s	5	4 320
LTE	85,7 Mbit/s	10	8 570
LTE-A	3 000 Mbit/s	100	30 000

Tabulka 6 - Přehled mobilních technologií s jejich maximálními přenosovými rychlostmi, šířkou kanálů a spektrální účinností

Sítím druhé generace je v ČR určeno celkem 230 MHz šířky pásma. A jak je vidět z tabulky 6, při použití 2 x 10 MHz kanálu pro technologii LTE lze dosáhnout přenosových rychlostí až 85 Mbit/s. Navíc zde přibližně platí, že s rostoucí šířkou kanálu roste lineárně i přenosová rychlost.

Opouštění sítí GSM není v našich podmínkách alespoň prozatím otázkou blízké budoucnosti. Je to dáno neochotou operátorů vypnout tyto sítě, protože do nich investovali velké množství peněz a hlasové přenosy stále probíhají v těchto sítích druhé generace (2G). Také ne všichni zákazníci jsou připraveni tyto sítě opustit. Přesný počet zákazníků, kteří mají koncové zařízení podporující sítě alespoň třetí generace, není znám, ale tento počet můžeme odhadnout na 70 – 80%, vzhledem k penetraci tzv. chytrých telefonů kolem 40 - 50% [9]. Všechny tyto chytré telefony podporují alespoň sítě 3G a na trhu již jsou telefony podporující LTE více jak jeden rok. Navíc i většina ostatních („hloupých“) telefonů v nabídce, sítě 3G podporují.

V ČR by ovšem přechod na sítě 3G nebyl úplně uskutečnitelný. Je to dáno špatným pokrytím republiky a na zajištění alespoň stejné kvality služeb jako u 2G sítí nepoužitelné. Navíc operátoři do sítí 3G již přestali investovat a soustředí se na investice do LTE sítí. Ale díky rozvojovým podmínkám při aukci kmitočtů pro sítě LTE, lze počítat do sedmi let od přidělu v pásmu 800 MHz s pokrytím většiny území republiky. V zemích EU bude tato doba podobná, jelikož je pásmo 800 MHz harmonizováno, můžeme tedy říci, že do deseti let (rok 2024) by ve většině zemí EU měly být funkční sítě LTE a většina obyvatel na tuto situaci připravena. Ke konci roku 2025 by tedy neměl být velký problém vypnout sítě GSM, což navíc koresponduje s ukončením platnosti licencí společnosti T-Mobile v pásmech 900 a 1800 MHz.

Řešením tedy je přeskočit síť 3G rovnou k sítím LTE. Tyto sítě se mají stát standardem pro hlasové služby do budoucna, a to s pomocí technologie VoLTE (Voice over LTE). Ve stávajících sítích LTE na našem území tato technologie ještě není v provozu, vývoj v okolních evropských zemích tuto technologii upřednostňuje. Je tedy otázkou času, kdy bude spuštěna i u nás. Po dosažení stejných úrovní pokrytí republiky jako sítěmi GSM, a při připravenosti koncových zákazníků, bude možné plně přejít na síť LTE a postupně vypnout síť GSM.

4 Závěr

Proces přizpůsobení správy kmitočtového spektra pro nasazení moderních technologií je důležitý pro budoucí vývoj v oblasti mobilního bezdrátového přístupu k internetu. V příštích pár letech by se tento problém nejevil tak výrazně, jak bychom to poznali za desítky let. Objem přenesených dat neustále narůstá a nezdá se, že by tento nárůst měl zpomalit nebo se dokonce zastavit. Je tedy nutné přijmout řadu opatření, která zabrání budoucím překážkám v modernizaci mobilních sítí.

Velmi důležité je z tohoto pohledu přerozdělení kmitočtových přidělů v pásmu 900 MHz. Oblast kmitočtů pod úrovní 1 GHz je velmi důležitá pro pokrytí rozsáhlého území a za daných okolností je nenahraditelná.

Zkušenosti z Asie ukazují výhodnost časového dělení přístupu k vysílačům oproti frekvenčnímu dělení. Datový provoz je v mobilních sítích silně asymetrický a současné přiděly tomu neodpovídají a zbytečně přidělují oběma směrům komunikace stejný kmitočtový prostor. Změna přístupu v této věci se v rámci Evropy, kde je jasně dominantní frekvenční dělení, může do budoucna vyplatit a lépe tak využít současné kmitočtové přiděly.

Současná sestupná tendence finanční situace telekomunikačních společností se v budoucnu může ukázat jako kritická. Je tudíž vhodné povolit operátorům sdílení sítí mezi sebou nebo snížit poplatky za užívání spektra a tím jim uvolnit část ušetřených peněz pro účely modernizace sítí.

Nové problémy ve správě rádiového spektra se budou objevovat i nadále v souvislosti se stále narůstajícím objemem přenesených dat v sítích mobilních operátorů. Tento trend nelze zastavit a i nadále se budou objevovat obdobné potíže. Důležitým milníkem v oblasti mobilní komunikace bude ukončení GSM sítí a následné uvolnění kmitočtů v pásmu 900 MHz pro moderní technologie v této atraktivní části spektra. Ukončení provozu těchto světově nejrozšířenějších sítí bude znamenat kompletní přechod k výrazně modernějším sítím LTE nebo LTE Advanced, které mají svým rozsahem použití sloužit stejně jako GSM sítě.

Jednou z cest může být přesun televizního vysílání do jiné části spektra. Tento krok by byl ovšem velmi radikální a předcházelo by mu mnoho dlouhých schůzí plné tvrdého vyjednávání. Ostatně jako další důležité úpravy využití kmitočtového spektra by bylo nutné tento krok harmonizovat minimálně se zeměmi Evropské unie. Další problém by zde nastal

s umístěním televizního vysílání. V mnoha zemích světa je pro nadpoloviční většinu domácností jediným přístupem k televiznímu vysílání právě pozemní platforma. Tento krok by znamenal řadu technických a ekonomických problémů, je to tedy otázka vzdálené budoucnosti.

Výrobci a vývojářům nových technologií lze tedy jednoznačně doporučit, aby vyvíjeli co nejvíce spektrálně účinné technologie. V budoucnu už nebude možné dále rozšiřovat spektrum pro služby elektronických komunikací a jedinou cestou budou pouze spektrálně účinnější technologie.

Takovýchto podobných problémů, bránících v rychlejším nasazování nových technologií, existuje celá řada. Rozsah zadání této práce je velmi široký, a proto tato práce jmenuje pouze několik vybraných potíží, které je nutné v dohledné době řešit. Po dohodě s vedoucím práce byly vybrány problémy způsobené fragmentací spektra v pásmu pro síť GSM, přizpůsobení sítí spojených s asymetrickým provozem v datových sítích, problémy se spektrální účinností technologií a s tím spojené ukončení sítí GSM a nedostatkem volného spektra pro nové technologie. S nástupem dalších generací mobilních technologií, budou nové potíže dále vznikat.

5 Seznam použité literatury

- [1] Návrh „Strategie správy spektra“. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.ctu.cz/cs/download/aktualni-informace/strategie_spektra_navrh_do_vk.pdf
- [2] ITU. *HANDBOOK National Spectrum Management*. Geneva, 2005. v1.01. ISBN 92-61-11301-X.
- [3] PENČÁK, Jiří. *Možnosti využití uvolněného kmitočtového spektra v České republice*. Praha, 2012. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Brabec, CSc.
- [4] COST ALLOCATION AND ACCOUNTING SYSTEMS USED TO FINANCE THE RADIO ADMINISTRATION IN CEPT COUNTRIES. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.erodocdb.dk/docs/doc98/official/word/ECCRep053.doc>
- [5] Moving Wi-Fi Forward. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.wififorward.org/>
- [6] O2 a T-Mobile budou sdílet LTE sítě, má to zrychlit jejich rozšíření. *O2 a T-Mobile budou sdílet LTE sítě, má to zrychlit jejich rozšíření* [online]. 2014 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.lupa.cz/clanky/o2-a-t-mobile-budou-sdilet-lte-site-ma-to-zrychlit-jejich-rozsireni/#utm_source=rss&utm_medium=text&utm_campaign=rss
- [7] Telefónica s T-Mobilem prohlubují spolupráci. Budou sdílet i moderní sítě LTE. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-61761570-telefonica-s-t-mobilem-prohlubuji-spolupraci-budou-sdilet-i-moderni-site-lte>
- [8] *Global TD-LTE Initiative* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.lte-tdd.org/>

[9] Počet tabletů a smartphonů se má do 2015 zdvojnásobit. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:http://www.mediaguru.cz/aktuality/pocet-tabletu-a-smartphonu-se-ma-do-r-2015-zdvojnaso-bit/#.U1bjl_I_sRw

[10] Česká republika. Vyhláška o plánu přidělení kmitočtových pásem (národní kmitočtová tabulka). In: 105 / 2010. 2010. Dostupné z: http://www.ctu.cz/cs/download/kmitoctova_tabulka/vyhlaska_105-2010_sb038-10.pdf

[11] Vodafonu loni klesl počet zákazníků o 100.000 na 3,28 milionu. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:<http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/vodafonu-loni-klesl-pocet-zakazniku-o-100-000-na-3-28-milionu/1042990>

[12] LTE-Advanced. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>

[13] CAVE, Martin, Christopher DOYLE, William WEBB. *Essentials of modern spectrum management*. New York: Cambridge University Press, 2007, 265 s. ISBN 05-218-7669-9.

[14] Impact of broadband on the economy. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: https://www.itu.int/ITU-D/treg/broadband/ITU-BB-Reports_Impact-of-Broadband-on-the-Economy.pdf

[15] LTE; Feasibility study for Further Advancements for E-UTRA (LTE-Advanced) (3GPP TR 36.912 version 11.0.0 Release 11). [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/136900_136999/136912/11.00.00_60/tr_136912v110000p.pdf

[16] 900 MHz band refarming case study Sweden. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:<http://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2012/07/refarmingcasestudysweden900mhz20111129.pdf>

- [17] 900 MHz and 1800 MHz band refarming case study France. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:<http://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2012/07/refarmingcasestudyfrance20111130.pdf>
- [18] Refarming 900 MHz – Issues of Regulation, Competition, and Technology. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.bmi-t.co.za/?q=content/refarming-900-mhz-%E2%80%93-issues-regulation-competition-and-technology>
- [19] 900MHz refarming: A growing trend. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.huawei.com/en/about-huawei/publications/communicate/hw-080998.htm>
- [20] DD2 z pohledu mezinárodních institucí a sousedních států. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:http://www.stech.cz/Portals/0/Konference/2014/04-09%20Milniky%20digitalizace/Prezentace/06_Pavelka.pdf
- [21] Základní principy výběrového řízení na udělení práv k využívání rádiových kmitočtů pro zajištění sítí elektronických komunikací v kmitočtovém pásmu 3600–3800 MHz. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:http://www.ctu.cz/cs/download/aktualni_informace/zakladni-principy_29_04_2014_vyberove-rizeni_radiove-kmitocty_3600-3800_mhz.pdf
- [22] Digital Agenda: Maximising radio spectrum efficiency by sharing it. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-12-636_en.htm?locale=en
- [23] Omezením spektra by bylo ohroženo podle Radiokomunikací přes 55 % obyvatel ČR. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.digizone.cz/clanky/omezenim-spektra-by-bylo-ohrozeno-podle-radiokomunikaci-pres-55-obyvatel-cr/>
- [24] Sdílené využití frekvencí - časový multiplex. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:<http://www.earchiv.cz/a008s200/a008s202.php3>

[25] České Radiokomunikace varují před omezováním pozemního digitálního televizního vysílání. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.radiokomunikace.cz/cz/download/1403018_cra_pr_cra_sprava-spektra.pdf

[26] Why your next 4G phone should have FDD-LTE and TDD-LTE. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.cnet.com/news/why-your-next-4g-phone-should-have-fdd-lte-and-tdd-lte/>

[27] What are TD-LTE's technical highlights?. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.lte-tdd.org/faqs/lte/2013-11-04/17.html>

[28] Jak se vyznat v mobilních datových sítích (UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+, LTE). [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/datove-prenosy-a-site/jak-se-vyznat-v-mobilnich-datovych-sitich-umts-hsdpa-hsupa-hspa-lte>

[29] T-Mobile bude nabízet jen 3G, ovšem modernější. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.chip.cz/novinky/t-mobile-bude-nabizet-jen-3g-ovsem-modernejsi/>

[30] Pozemní digitální televizní vysílání (DVB-T). [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.digitalnitelevice.cz/informace/dvb-t/>

[31] Přejchod na vysílání DVB-T2 by měl řídit stát, zavádění potrvá roky. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://e-svet.e15.cz/technika/prechod-na-vysilani-dvb-t2-by-mel-ridit-stat-zavadeni-potrva-roky-1035579>

[32] WRC 2015 agenda item 1.3. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <https://www.itu.int/ITU-R/study-groups/docs/workshop-wp5abc-wrc15/WP5ABC-WRC15-P1-1.pdf>

[33] Extending the 5 GHz allocation for Wireless Access Systems, including WIFI and other RLAN. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.digitaleurope.org/DocumentDownload.aspx?Command=Core_Download&EntryId=525

[34] IEEE 802.11ad Microwave Wi-Fi / WiGig Tutorial. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11ad-microwave.php>

[35] CEPT: Refarming and Secondary Trading in a Changing Radiocommunications World. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <https://www.ictregulationtoolkit.org/Documents/Document/Document/2744>

[36] Draft Mandate to CEPT to study and identify harmonised compatibility and sharing conditions for Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks in the bands 5350-5470 MHz and 5725-5925 MHz ('WAS/RLAN extension bands') for the provision of wireless broadband services. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: [http://www.cept.org/Documents/wg-se/12103/SE\(13\)Info22_Draft-EC-Mandate-on-5-GHz](http://www.cept.org/Documents/wg-se/12103/SE(13)Info22_Draft-EC-Mandate-on-5-GHz)

[37] Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/301800_301899/301893/01.05.01_60/en_301893v010501p.pdf

[38] Appendix to spectrum management strategy Future developments in major spectrum uses. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/consultations/spectrum-management-strategy/annexes/appendix_spectrum_management.pdf

[39] Podpora sdíleného využívání zdrojů rádiového spektra na vnitřním trhu. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://eescopinions.eesc.europa.eu/viewdoc.aspx?doc=ces/ten/ten497/cs/ces2302-2012_00_00_tra_ac_cs.doc

[40] Přípomínky společnosti České Radiokomunikace a.s. k návrhu Strategie správy spektra Českého telekomunikačního úřadu. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.ctu.cz/cs/download/pripominky_diskuse/rok_2014/ceske_radiokomunikace_s_strategie_specetra_navrh_09_12_2013_pripominky.pdf

[41] Digitální Česko v. 2.0 Cesta k digitální ekonomice. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.vlada.cz/assets/media-centrum/aktualne/Digitalni-Cesko-v--2-0_120320.pdf

[42] Přípomínky společnosti Telefónica Czech Republic, a.s k dokumentu Návrh „Strategie správy spektra“. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.ctu.cz/cs/download/pripominky_diskuse/rok_2014/telefonica_strategie_specetra_navrh_09_12_2013_pripominky.pdf

[43] PŘIPOMÍNKY SPOLEČNOSTI T-MOBILE CZECH REPUBLIC K NÁVRHU STRATEGIE SPRÁVY SPEKTRA. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.ctu.cz/cs/download/pripominky_diskuse/rok_2014/t-mobile_strategie_specetra_navrh_09_12_2013_pripominky.pdf

[44] Přípomínky společnosti Vodafone Czech Republic a.s. k návrhu „Strategie správy spektra“. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.ctu.cz/cs/download/pripominky_diskuse/rok_2014/vodafone_strategie_specetra_navrh_09_12_2013_pripominky.pdf

[45] Zpráva o průběhu a výsledcích výběrového řízení za účelem udělení práv k využívání rádiových kmitočtů v pásmech 800 MHz, 1800 MHz a 2600 MHz. [online]. [cit. 2014-05-08].

Dostupné

z:http://www.ctu.cz/cs/download/vyberova_rizeni/vyhlaseni_vyberoveho_rizeni_15_08_2013_zprava_prubeh-vysledky_vyberoveho_rizeni.pdf

[46] GSM nemá budoucnost. V USA skončí do pěti let, u nás asi později. [online]. [cit. 2014-05-08].

Dostupné z:http://mobil.idnes.cz/budoucnost-gsm-019-/mobilni-operatori.aspx?c=A120807_205728_mobilni-operatori_vok

[47] Measurement of 0-6 GHz spectrum utilization at Berkeley Wireless Research Center. [online]. [cit. 2014-05-08].

Dostupné z: http://www.cmpe.boun.edu.tr/Wico/lib/exe/fetch.php?cache=cache&media=freq_usage_01.png

[48] Rozdělení kmitočtového spektra. [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z:<http://www.lss.fd.cvut.cz/vyuka/tkms/soubor2>

6 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Rozložení využití kmitočtů v rozmezí 0 - 6 GHz [1]	12
Obrázek 2 - Průměrná výše ročních poplatků za využití úseku 2 x 1 MHz rádiového spektra v pásmech 800, 900, 1800, 2100 a 2600 MHz vztažená k populaci země [44]	29
Obrázek 3 - Asymetrické rozdělení párového kanálu	37
Obrázek 4 - Pásmo pro digitální televizní vysílání. Plánované zúžení pásma po přechodu na DVB-T2	47
Obrázek 5 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 800 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone.....	48
Obrázek 6 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 900 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone.....	48
Obrázek 7 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 1800 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone.....	49
Obrázek 8 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 21000 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone.....	50
Obrázek 9 - Rozdělení kmitočtových přidělů mezi jednotlivé operátory v pásmu 2600 MHz. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone.....	50
Obrázek 10 - Rozdělení pásma 900 MHz po kanálech o velikosti 5 MHz	60
Obrázek 11 - Rozdělení pásma 900 MHz po 5 MHz a přidělení kanálů jednotlivým operátorům. Růžová - T-Mobile, modrá - Telefónica O2, červená - Vodafone	60
Obrázek 12 - Spojení pásem 700, 800 a 900 MHz	61
Obrázek 13 - Spojení pásem 700, 800 a 900 MHz a jejich párové rozdělení s ochranným pásmem o velikosti 25 MHz.....	61
Obrázek 14 - Spojení pásem 700, 800 a 900 MHz a jejich párové rozdělení s ochranným pásmem o velikosti 15 MHz.....	62
Obrázek 15 - Rozdělení spojených pásem 700, 800 a 900 MHz do kanálů o velikosti 20 MHz	62
Obrázek 16 - Rozdělení spojených pásem 700, 800 a 900 MHz do kanálů o velikosti 5 MHz	62
Obrázek 17 - Přerozdělení pásma 1800 MHz do kanálů o velikosti 5 MHz	64

Obrázek 18 - Bližší pohled na blízkost pásem 1800 a 2100 MHz a jejich rozdělení po 5 MHz	65
Obrázek 19 - Rozdělení pásma 1800 MHz na kanály o velikosti 20 MHz	65
Obrázek 20 - Rozdělení pásma 1800 MHz na kanály o velikosti 10 MHz	66

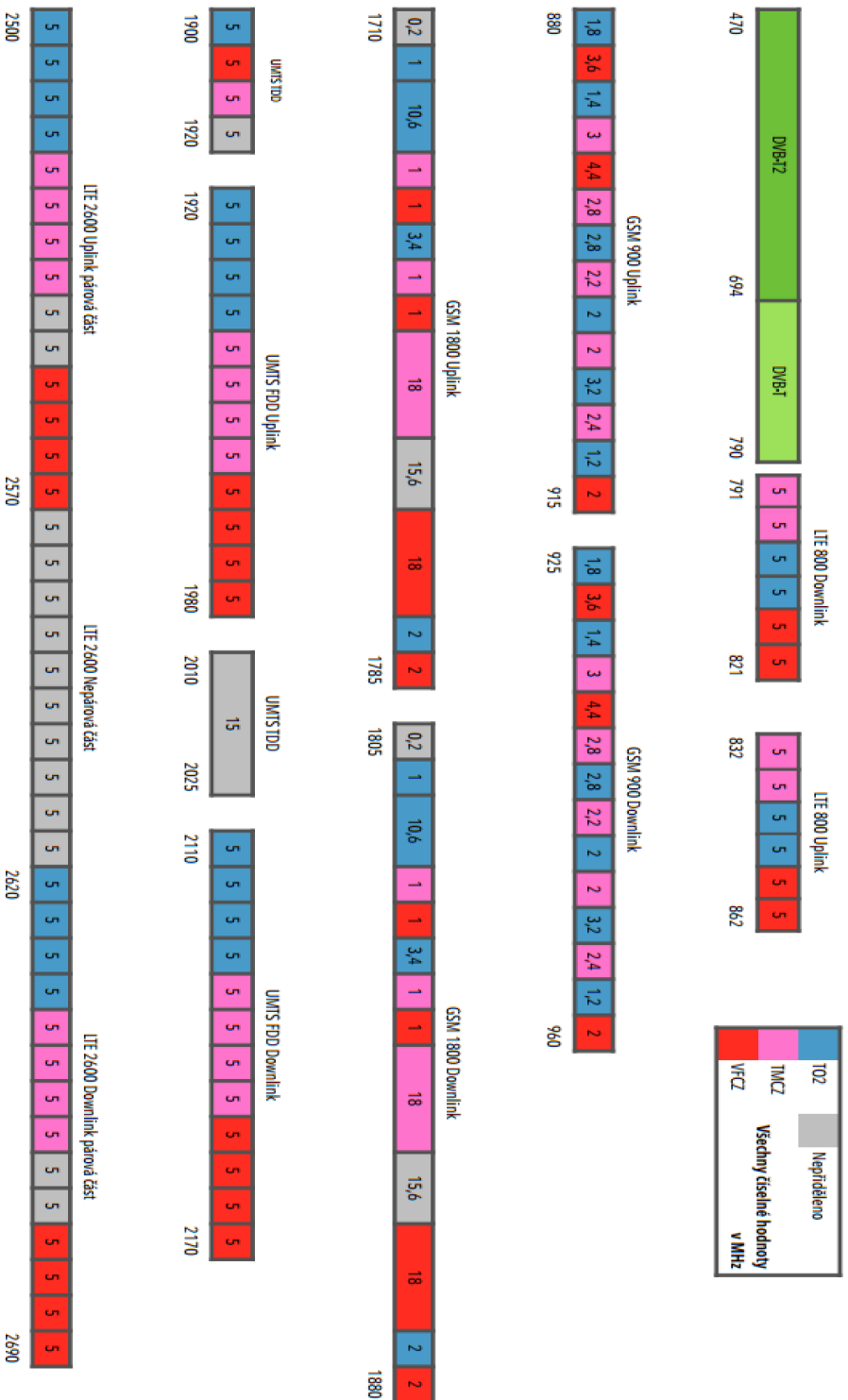
7 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Rozdělení kmitočtového spektra [47].....	10
Tabulka 2 - Průměrná cena za 2 x 1 MHz v různých kmitočtových pásmech	25
Tabulka 3 - Šířka kanálů využívaná u jednotlivých technologií (*100 MHz se vytvoří spojením více kanálů).....	38
Tabulka 4 - Kanály pro WiFi v pásmu 2,4 GHz	43
Tabulka 5 - Kanály pro WiFi v pásmu 5 GHz (* kanály plánované k volnění).....	44
Tabulka 6 - Přehled mobilních technologií s jejich maximálními přenosovými rychlostmi, šířkou kanálů a spektrální účinností	69

8 Seznam zkratek

2G	Druhá generace
3G	Třetí generace
BWA	Broadband Wireless Access
CCA	Combinatory Clock Auction
CDMA	Code Division Multiple Access
CEPT	The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
ČR	Česká republika
ČTÚ	Český Telekomunikační Úřad
DD1	Digitální Dividenda 1
DD2	Digitální Dividenda 2
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
DVB-T2	Digital Video Broadcasting - Terrestrial 2
EU	Evropská unie
FDD	Frequency Division Duplex
FWA	Fixed Wireless Access
GSM	Global systém for mobile communications
IMT	International MobileTelecommunications
ITU	International Telecommunication Union
LTE	Long Term Evolution
LTE Advanced	Long Term Evolution Advanced
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OSN	Organizace Spojených Národů
SMRA	Simultaneous Multi Round Auction
TDD	Time Division Duplex
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
VoLTE	Voice over LTE
WiFi	Wireless Fidelity
WRC	World Radiocommunications Conferences

9 Přílohy



Zdroje:
http://www.cdu.cz/cz/download/vyberova_rizeni/vyhlaseni_vyberoveho_rizeni_15_08_2013_souhrn_vysledku_aukce_20_11_2013.pdf
http://www.cdu.cz/cz/download/vyberova_rizeni/vyhlaseni_vyberoveho_rizeni_15_08_2013.pdf
<http://www.gsmweb.cz>