

Ohrožené radiokomunikační služby

Příklady: radioastronomie a radioamatérská služba.

František Janda, Ondřej Jov

Úvod

Ve vztahu k zachování existence jednotlivých radiokomunikačních služeb si lze představit různé druhy ohrožení v závislosti na řadě možných kritérií. Tak například technika úvodem napadne všudypřítomný a rostoucí radiový smog, ekonomika výše zisku provozovatelů, obchodníka obchodní úspěšnost produktů, které jednotlivé služby využívají – a marketingový odborník vyjde z průzkumu dynamicky se měnícího trhu. Dále tu máme skupinu lidí se širším rozhledem, kteří chtějí vidět dále, než do talíře a do peněženky, jsou schopni se zamyslet nad hlubšími souvislostmi ve smyslu přínosu existence jednotlivých radiokomunikačních služeb pro další vývoj společnosti a posuzovat jejich další osud podle významu pro budoucnost. Kritérii zde mohou být vlivy na vývoj poznání okolního světa (včetně makro- a mikrosvěta), na celkovou úroveň vzdělanosti, či na atmosféru ve společnosti.

Radioastronomická služba

Radioastronomie je poměrně velmi mladá. Přesto se významně, zhruba čtvrtinou, podílí na celkovém počtu uskutečňovaných objevů v astronomii, přičemž jsou její výsledky jinými druhy pozorování nenahraditelné. Zrod radioastronomie je spojen se jménem Karl Guthe Jansky (22. 10. 1905 - 14. 2. 1950) a je kladen do doby jeho práce v Bellových laboratořích. V roce 1931 zkoumal příčiny praskání, které narušovalo příjem telefonních hovorů ze zámoří. Na kmitočtu 20,5 MHz nejprve zaznamenal dva známé druhy atmosfériků: praskání z místních bouřek a zvuky ze vzdálených bouřek, odražené od ionosféry a později vybral ještě třetí druh poruch, stěžejí rozeznatelný od vlastního šumu přijímače. Jejich směr se shodoval s polohou souhvězdí Střelce (tj. ke středu Mléčné dráhy). Jansky dále předpokládal, že jsou rádiové emise nějakým způsobem spjaté s naší galaxií, a že nepochází z hvězd, ale z ionizovaných mezihvězdných plynů. Tyto myšlenky publikoval v New York Times 5. 5. 1933.

K dalšímu rozvoji radioastronomie nejprve poskytl prostředky rychlý rozvoj radiotechniky během druhé světové války. Dnes jsou k dispozici přístroje, které disponují velkým kmitočtovým rozsahem od dekametrových vln až po submilimetrové a takovou citlivostí, že jsou schopny zpracovávat rádiové záření o intenzitě až $7 \mu\text{Jy}$, tj. $7 \cdot 10^{-32} \text{ W/m}^2 \cdot \text{Hz}$ (což je zhruba o 12 řádů méně, než je rádiový šum Slunce). Jen v letech 1940 až 1996 vzrostla citlivost radioteleskopů miliardkrát a kmitočtový rozsah ještě více – z jednoho kmitočtu na pásmo od 10 MHz do 500 GHz.

Významnou kompetitivní výhodou radioastronomie proti ostatním způsobům zkoumání vesmíru je skutečnost, že její přístroje z principu „dále dohlédnou“. V optickém oboru totiž nelze pozorovat žádné útvary ve vesmíru, které by byly mladší, než 200 milionů let po velkém třesku (kdy ještě nebyly hvězdy) prostě proto, že takové objekty tehdy ještě neexistovaly - vznikaly později. Naproti tomu pro radioastronomii je tato hranice okolo 380 až 390 tisíc let po velkém třesku, což je doba, kdy se vesmír stal průzračným pro elektromagnetické záření. Proto to byla právě radioastronomie, která umožnila upřesnit stáří vesmíru s nynější přesností 100 milionů roků - zatímco ještě poměrně nedávno jsme věděli pouze to, že vesmír je starší než 10 miliard a mladší než 15 miliard let (nejistota tedy činila 5 miliard roků). Do větší vzdálenosti (a hlouběji do propasti času), než to dokážeme prostředky radioastronomie, dohlédneme zřejmě tehdy, až budeme umět efektivně zachycovat neutrina – pak se bude moci uvedená hranice posunout až někam ke dvěma sekundám po velkém třesku.

Při porovnávání radioastronomie s jinými službami je nutno si uvědomit, že se jedná o službu pasivní, kde je člověkem vytvořená technologie pouze na přijímací straně, zatímco na vysílací straně je fyzikální proces, ne nějž nemáme vliv. Navíc bývá přijímaná energie v průměru o devět řádů slabší proti energii vysílačů, vytvořených člověkem. Dále je podstatné, že se jedná o službu mezinárodní, což je na první pohled patrné například u interferometrie se širokou základnou. Další mezinárodní aspekt vyplývá ze skutečnosti, že radioastronomové konají svá pozorování proto, aby získali odpověď na konkrétní vědecké otázky. Proto observatoře přijímají astronomové z jiných zemí, aby zde konali svá pozorování. Úroveň ochrany kmitočtů pro radioastronomii v jedné zemi tak ovlivňuje vývoj astronomie v zemích ostatních.

Současné a bezprostředně chystané největší radioastronomické přístroje (**ALMA**, **ATA** neboli **1hT**, **LOFAR**, **GBT**, **VLA**, **VLBA**, **Arecibo**) stojí desítky až stovky milionů dolarů a ještě dražší bude **SKA** (Square Kilometer Array) za závratnou cenu 1 mld. euro. Má pracovat v rozsahu 0,1 – 25 GHz, na rok 2007 je plánován výběr místa, na rok 2008 výběr technologie, v roce 2015 má začít provoz části systému a roce 2020 plný provoz. 20

procent antén se bude nacházet v kruhu o průměru 1 km, 50 procent do 5 km, 75 procent do 150 km s nejdelší základna bude měřit alespoň 3000 km. Jeho citlivost bude 10^5 krát vyšší, než u současného stometrového radioteleskopu v Effelsbergu. O realizaci na svém území projeví zájem Austrálie, Čína, Jihoafrická republika, Argentina a Brazílie.

Počátkem 21. století pracovalo ve světě několik desítek velkých radioastronomických observatoří. Poněkud v jejich stínu stojí podstatně větší počet radioastronomických experimentů, které se často zabývají pouze Sluncem – a zkoumají tedy procesy, které se odehrávají na většině hvězd ve vesmíru. I v tak poměrně malé zemi, jakou je ČR, jsou konána pravidelná radioastronomická pozorování hned na dvou observatořích. První z nich je **Ondřejov** se třemi radioteleskopy, z nichž dva pozorují ve spektru 0,8 – 4,5 GHz a třetí na kmitočtu 3 GHz, kde intenzita slunečního šumu nejlépe vypovídá o jevech na úrovni fotosféry. Druhou je hvězdárna v **Úpici** s radioteleskopem na kmitočtu 565 MHz a přijímači na kmitočtech 32,8 a 29,5 MHz, které sledují procesy vysoko ve sluneční koruně.

Měření v radioastronomii

lze rozdělit na úzkopásmová a spektrální. Na úzkopásmová měření pamatuje ITU přidělením kmitočtových pásem a stanovením limitů, jakž-takž pokrývajících alespoň nejdůležitější potřeby radioastronomie. Od doby, kdy byla pásma přidělena a limity stanoveny, nicméně došlo ke značnému vědeckému i technologickému pokroku, v jejichž důsledku jsou zpracovávány podstatně slabší signály, navíc v pásmech, kde se tak dříve nedělo. Přitom je třeba pamatovat i na vliv technologií, které pracují v pásmech sousedních a vlivem nedostatečného potlačení vyzařují část energie i v segmentu, určeném pro radioastronomii (typickým případem jsou například družice IRIDIUM). Spektrální měření slouží zejména ke sledování jevů, jejichž kmitočty se s časem mění, přičemž je nutno se na jedné straně smířit se znehodnocením signálu, přijímanými postranními svazky antény a na druhé straně je nutné, aby šum na kmitočtech mezi obsazenými kanály byl co nejnižší.

Radioastronomii je nyní (většinou celosvětově) přiděleno 48 kmitočtových pásem mezi 13,36 MHz – 275 GHz, z nich přes 40 coby službě přednostní a mimo ně existuje ještě řada dalších pásem, u nichž je o radioastronomii jen zmínka, obvykle omezující její ochranu teritoriálně a provozně. Přípustné limity škodlivých vyzařování jsou obsaženy v doporučení ITU-R RA.769, které obsahuje hodnoty výkonových hustot toku a spektrálních výkonových hustot toku, které nemají být překročeny a je třeba je chápat tak, že se jedná o zásadní požadavek, od něž nelze ustupovat a nikoli o základ pro další vyjednávání, pokud má radioastronomie zůstat životaschopným vědním odvětvím.

Praktický význam radioastronomie, konkrétně radioastronomie sluneční, výrazně roste v dnešní době umělých družic a pilotovaných letů do kosmu. Je známou věcí, že zejména částice slunečního větru, vyvržené erupcemi, mohou působit škody na družicích a přímo ohrozit zdraví a život astronautů. Mimoto mohou mít důsledky jevů na Slunci a jejich pokračování v zemské atmosféře přímý vliv až na zemském povrchu, přičemž se nejedná jen o poruchy rozsáhlých sítí (energetických, telekomunikačních, plynovodných a ropovodných), ale i o přímý vliv na chování a zdravotní stav člověka. Například rádiová diagnostika výronu slunečního plazmatu do meziplanetárního prostoru (CME) nám ukáže mohutnost a rychlost pohybu plazmového oblaku a tak pomůže předpovědět okamžik jeho příchodu do okolí Země a intenzitu vyvolané poruchy.

Radioamatérská služba

je podle definice ITU radiokomunikační službou, mající za cíl sebevzdělání, vzájemnou komunikaci a technický výzkum, prováděný radioamatéry, tj. oprávněnými osobami, zabývajícími se radiotechnikou výhradně z osobního zájmu a bez zájmů finančních. Radioamatérská družicová služba je radiokomunikační službou, využívající stanic na družicích za stejným účelem. Potud poněkud suchá úřední definice, která nicméně obsahuje vše podstatné z technického hlediska.

Jiný a neméně zajímavý pohled můžeme získat, uvědomíme-li si, že zde vzájemně komunikují lidé různých národů, tříd, úrovní vzdělání, povolání, rozdílného původu, náležející k různým náboženstvím, politickým stranám a hnutím. Najdeme mezi nimi krále, prince, prezidenty, ministerské předsedy, generály, předsedy politických stran, senátory a kongresmany a dokonce i „Miss Universe“ (za rok 1959), stejně jako lidi se základním vzděláním, či s tělesným postižením, včetně slepců. Vedle technického zájmu je spojuje určitý pocit sounáležitosti, zakotvený v „pravidlech HAM spiritů“ (též Amateur's Code), jehož nadčasovost lze vidět již v tom, že je stále uznáván, ačkoli byl napsán již v roce 1928. Podle těchto pravidel je radioamatér ohleduplný, loajální, pokrokový, přátelský, odpovědný a patriotický. K důsledkům existence a vžitého používání HAM spiritů generacemi radioamatérů patří zcela samozřejmé používání převaděčů, majáků, webových serverů, sítě packet radio, APRS a radioamatérských družic, nezávisle na tom, kdo je vybuďoval a udržuje v chodu a kdo platí jejich provoz.

Časem se radioamatérství ukázalo být nejen zábavou. Pochopil to celý svět, když byl v roce 1928 ruský radioamatér prvním, kdo zachytil volání vzducholodi ITALIA ztroskotavší na cestě od severního pólu. Připravenost amatérů nabídnout rychlé spojení mnohokrát pomohla při živelních pohromách a jiných neštěstích. U nás ve větší míře například při povodních v roce 2002. Výhodou radioamatérské infrastruktury je její nezávislost na ostatních provozovatelích telekomunikačních služeb - proto jsou amatéři schopni komunikovat i v situaci, kdy ostatní sítě kolabují.

Dokumenty ITU obsahují ještě jednu podstatnou a pro radioamatéry životně důležitou informaci – tabulku přidělených kmitočtových pásem. Na první pohled je jich poměrně hodně, při podrobnějším zkoumání ale zjistíme, že to nemusí znamenat, že je v nich pro konkrétní komunikační potřeby dostatek místa. Příčin je několik. Kvalifikovaných radioamatérů s příslušným povolením je na světě něco přes milion a jen v USA a Japonsku po statisících, v Německu desetitisíce a u nás zhruba sedm tisíc. Navíc, předpokládáme-li stoupání životní úrovně v dnešních rozvojových zemích, mohl by jejich počet v dohledné budoucnosti ještě podstatně vzrůst.

Podstatnou vlastností, kterou se radioamatérská služba odlišuje od služeb ostatních je, že ke spojení dochází v naprosté většině náhodně. Tj., že jedna strana vyhledá volný kmitočet a poté na něm volá výzvu, zatímco druhá hledá stanice, volající výzvu, na kterou odpoví. Jen malá část spojení je předem domluvených. Další odlišností je nedefinovaná a spíše malá výkonová rezerva, často jen několik dB nad úrovní, pod kterou již spojení není možné. Nutnou podmínkou pro existenci radioamatérské služby je proto co nejnižší úroveň škodlivého rušení, ať již přírodního, či umělého původu.

PLC

Zkratka PLC znamená Power Line Communication a někdy se setkáme i se zkratkou PLT (Power Line Technology). Velmi často je, zejména v USA, používáno označení BPL (Broadband over Power Line). Pod tímto označením se skrývá technologie, umožňující přenos dat pomocí elektrovedné sítě. Využívá se přitom celá síť až k síťové zásuvce účastníka, buď od nejbližší trafostanice, nebo i včetně trafostanic. K jedné přípojce je současně připojen větší počet účastníků, využívající společný rozvod elektrické energie. Data jsou přenášena pomocí kmitočtů, ležících zpravidla v pásmu 2 až 30 MHz, tj. na "krátkých" či dekametrových vlnách (v dalším vývoji je očekáváno využití kmitočtů až do 150 MHz).

Zásadní a prakticky neřešitelný problém spočívá v tom, že rozvody elektrické energie nebyly konstruovány k přenášení vysokofrekvenční energie. Výsledkem je, že na rozdíl od běžně používaných vysokofrekvenčních vedení (např. koaxiálních) vyzařují elektrické rozvody energii do okolí, tj. chovají se jako anténa vysílače, vyzařující prakticky v celém používaném pásmu. Problém dále násobí neustálé změny impedance v elektrovedné síti a četný výskyt nehomogenit. Problémy, které PLC (BPL) vyvolává, se odvíjejí od skutečnosti, že vysokofrekvenční energie, vyzařovaná rozvody a vedeními, může zcela znemožnit příjem na krátkých vlnách.

Po právní stránce je situace komplikovaná, zejména pokud je politicky argumentováno rozvojem přístupu k internetu. Situaci neřeší ani norma EN 55022 (Meze a metody měření charakteristik rádiového rušení zařízení informační techniky), v jejímž rámci jsou modemy pro PLC zařazeny do kategorie výrobků, u kterých je případné rušení řešeno až následně a na náklady provozovatele (na což samozřejmě ani výrobce, ani prodejce zákazníka neupozorní). Jako nebezpečí lze vnímat i návrh normy prEN 50471 (EMC). Pro komunikaci bez rušení je třeba, aby norma obsahovala hodnoty 30dB pod navrhovaným limitem, pro klasifikaci „bez škodlivého rušení“ 26dB pod navrhovaným limitem a pro „škodlivé rušení slabých signálů“ 20dB pod navrhovaným limitem.

UWB

Zájemcům o problematiku UWB mohu doporučit příspěvek Ing. Jan Kramosila, přednesený v rámci konference RADIOKOMUNIKACE 2005 a nyní vystavený na <http://www.home.karneval.cz/ok2kkw/uwb.htm>, resp. na <http://www.home.karneval.cz/00000104/uwb/par2005.ppt>. Zkratka pochází ze slov Ultra Wide Band. UWB používá k přenosu velmi krátké impulsy (nazývané též monocykly), jejichž spektrum se rozprostírá ve velmi širokém pásmu kmitočtů, ale jen s malou úrovní. UWB tedy může překrývat již používané kmitočtové spektrum, aniž by rušil většinu ostatních komunikačních systémů (nebo jimi byl rušen).

Jako příklad konkrétních parametrů lze uvést normu ECMA-368 (High Rate Ultra - Wideband PHY and MAC Standard) definující fyzickou vrstvu (PHY), založenou na MB-OFDM (Multiband Orthogonal Frequency Division Multiplexing) a podvrstvu MAC (Media Access Control) pro decentralizovaný systém pracující v UWB spektru 3,1 až 10,6 GHz a podporující rychlosti 53,3, 106,7 a 200 Mbit/s. Volba rozsahu 3,1 až 10,6 GHz sice na první pohled jakoby vychází z tabulky kmitočtů, přidělených Radioastronomické službě, kde je u pásem pod 3,1

GHz a nad 10,6 GHz poznámka o nepřipustnosti jakéhokoliv vysílání. Představa o zajištění kompatibility tímto způsobem ale rozhodně není realistická.

Závěr

Tlaky na přidělení částí kmitočtového spektra, vyvolané novými technologiemi a jejich aplikacemi, v kombinaci se stále rychleji rostoucími požadavky na počty datových přenosů a jejich rychlosti, v poslední době sílí. K tomu navíc výrobci hledají „skulinu v trhu“, do kterých by ještě bylo možné proniknout. Situace je natolik napjatá, že vede až k potlačení ohledů vůči ostatním službám a míry serióznosti přístupu k odborné i laické veřejnosti.

Tak například zastánci technologie PLC (BPL) předstírají, že přenáší elektromagnetickou energii pouze po vedení a zcela ignorují fakt, že to fyzikálně není možné. Navíc je značná část energie vyzářena do okolí. K zamezení interferencí by bylo třeba snížit výkonovou úroveň přibližně o 30 dB. Těžko lze ale předpokládat, že by pak zbyl v prostředí elektrovedných sítí, se stále vyšší intenzitou elektronického smogu, dostatečný poměr signálu PLC k šumu.

Technologie UWB reaguje mezi jiným i na skutečnost, že je elektromagnetické spektrum takřkajíc „vyprodáno“ a nabízí prodat jej znovu, prakticky ignorujíc fakt, že přitom u ostatních přenosů poklesne poměr signálu k šumu. U přenosů, pracujících s dostatečnou signálovou rezervou, v takovém případě dojde jen ke snížení jejich spolehlivosti, resp. ke zvýšení chybovosti. Tam, kde se pracuje se signály na úrovni, blízké šumu, jsou ale důsledky dramatické až likvidační. Celkově je impozantní rozmach radioastronomie ohrožen civilizačním rušením snad ještě více, než optická astronomie přesvětlením noční oblohy.

Společným znakem obou zmíněných ohrožených služeb (radioastronomie i radioamatérské služby) jw, že **nepřinášejí bezprostřední peněžní zisk** (dokonce je tomu naopak – figurují takřkajíc v položce nákladů). Jsou sice prospěšné pro společnost a efekt jejich existence pro stav společnosti v budoucnosti je nemalý a především nenahraditelný, ekonomickými nástroji se ale nenasnadno prokazuje. Navíc provozovatelé těchto služeb nedisponují týmy právníků, **což činí vymáhání nápravy v případě rušení nerealistickým**. Společné znaky ohrožujících technologií jsou přesně opačné – jsou sice nahraditelné jinými druhy přenosu (typicky po vedení), nabízejí ale rychlý, případně okamžitý finanční efekt výrobců a prodejců a pohodlné uspokojení potřeb zákazníka. O to více je třeba brát vážně naznačené hrozby – obě zmíněné technologie rozhodně nejsou kompatibilní (nejen) s vyjmenovanými radiokomunikačními službami.