

# Antény vzhůru k obloze

Člověk komunikuje v kosmickém prostoru



PATRIK MALINA

**Je tomu již téměř padesát let, co se první těleso vytvořené jedinci druhu homo sapiens podařilo urychlit natolik, že po řadu následujících dní kroužilo kolem zeměkoule volným pádem. Historie kosmonautiky je nedílně spjata s překotným vývojem komunikačních technologií a například pilotované lety si bez přímého spojení nedokážeme vůbec představit. Víte, jak se kdysi komunikovalo a stále komunikuje s umělými kosmickými tělesy? Pojdte s námi na malou exkurzi.**

V edle vývoje komunikačních technologií a především internetu patří vznik a rozvoj kosmického výzkumu v posledních pěti desetiletích k jednomu z největších technologických dobrodružství. Již dlouho před úspěšným startem vůbec prvního umělého tělesa na oběžnou dráhu bylo jasné, že pokud nám tato tělesa mají prokázat jakoukoliv službu, bude potřeba s nimi udržovat spojení. Pokročilé využití předpokládalo přenos základních řídicích signálů a naměřených výzkumných dat, vzápětí pak došlo na přenos obrazu fotografovaného či televizního. Vyvrcholením samozřejmě byla a je přímá komunikace s lidskými posádkami kosmických lodí. Právě v případě letů člověka se jedná mimo veškerou pochybnost o jeden ze základních systémů pro zdar celého dobrodružství a pokud se ohlédneme za dobovými možnostmi, doceníme odvahu všech, kdo byli na často velmi křehkých technologiích závislí.

Komunikace s umělými družicemi Země nám může na první pohled připadat jako velmi exotická věc. Pokud se však podíváme na problém blíže, řada výchozích podmínek se nijak zvláště jevit nebude. V první řadě: většina umělých kosmických těles se pohybuje v relativně malé vzdálenosti nad zemským povrchem. Přestože jakási podvědomá intuice či iluze vyvolaná četbou „běžkově“ sci-fi literatury v nás může vyvolat dojem ohromných vzdáleností, skutečně umělé oběžnice, včetně typických orbitálních stanic s lidskou posádkou, se pohybují ve střední vzdálenosti 300 a 500 km nad zemským povrchem. Protože o možnosti úspěšně komunikovat třeba z Prahy do Bratislavy by málokdo pochyboval, stejně tak vzdálenost není většinou při spojení s kosmickým objektem problémem. Samozřejmě jsou zde meziplanetární sondy a také lety lidí k Měsíci, o nichž si povíme dále, ale to jsou spíše výjimky potvrzující pravidlo. A specifickým případem jsou rov-

něž geostacionární družice, na něž pochopitelně též dojde řeč.

Na druhou stranu opravdovým oříškem je charakter vzájemného pohybu přijímacích a vysílacích stanic. Družice vrchovatě naplňují charakteristiku, kterou bychom dnes asi označili jako „mobilita uživatele“, neboť se nejen oproti pozemské komunikující stanici velmi rychle pohybují, ale navíc dokáží během své cesty třeba 16krát za 24 hodin zmizet za Zemí, tedy pod horizontem. Tuto potíž je nutno řešit jak způsobem směrování signálu, tak rozmístěním základnových stanic po zemském povrchu. Co je však největším problémem, zjistíme v případě komunikace se sondami tak vzdálenými, že již sahají na samé hranice sluneční soustavy. Jejich přicházející signál je již tak slabý, že jeho správné „vylovení“ ze záplavy šumu při neskutečně malých výkonech po dlouhé cestě je opravdovým uměním.

Víte, jak se kdysi komunikovalo a stále komunikuje s umělými kosmickými tělesy? Pojdte s námi na malou exkurzi.

Pojďme si v následujících odstavcích představit některé milníky ve vývoji kosmické techniky a zařadit je do souvislosti s vývojem telekomunikačních řešení. Podíváme se, jak rostl objem přenášených dat a řekneme si též o vývoji

družic telekomunikačních, jež byly a jsou vypouštěny právě pro účely telekomunikačních přenosů. I zde nás bude především zajímat, jak mohutné datové toky nad zemskou atmosférou proudí.

## Telekomunikace ve službách kosmonautiky

**Začátky: pípám, tedy jsem**

Řada z nás by asi na otázku, jak se jmenovala první umělá oběžnice Země, odpověděla shodně: Sputnik 1. Toto téměř metrakové těleso bylo úspěšně vypuštěno na oběžnou dráhu 4. 10. 1957 a ačkoliv to jistě znamenalo velké vítězství, nejednalo se o žádné mimořádné překvapení: zainteresovaní vědci očekávali podobný počín každým dnem a otázkou pouze bylo, zda se to dříve podaří sovětské či americké straně.

Z hlediska telekomunikace bylo toto těleso pochopitelně tím nezákladnějším, co se dalo připravit, avšak to nijak nevylučuje 100% splnění očekávaného úkolu. Sputnik 1 především musel

dokázat celému světu, že opravdu letí. K tomuto účelu posloužily dvě vysílací stanice, jež pracovaly jako tzv. radiomajáky: vysílaly v pravidelných intervalech krátké impulsy, jejichž zachycováním v delším časovém sledu bylo možné nejen spolehlivě odvodit pohyb tělesa, ale též průběžně upřesňovat jeho dráhu. Vysílače pracovaly na frekvencích 20 005 a 40 002 MHz, což odpovídá vlnovým délkám zhruba 15 m a 7,5 m (zhruba na pomezí mezi oblastí krátkých a velmi krátkých vln). Pro srovnání, zhruba v této oblasti (přesněji kolem 27 MHz, tedy na vlně 11 m) jsou provozovány např. běžné občanské radiostanice CB, jejichž dosah u základnových stanic na zemském

povrchu lze počítat na mnoho desítek či několik stovek kilometrů.

Družice disponovala čtyřmi anténami s délkou 2,4 a 2,9 m a vysílače na bázi elektronek pracovaly s výkonem 1 W. Zvolená forma vysílání Sputniku 1 splnila svůj účel bezzbytku. Po zhruba 21 dnů, než došlo k vyčerpání energie z chemických článků, družice vysílala svůj „srdeční tep“ a díky rozsahu vzdáleností mezi zhruba 200 a 940 km od povrchu bylo možno její poselství zachytit. Jedinou „vědeckou“ informací bylo možné získat pouze nepřímou: podle změn nosné frekvence a prodloužení či zkracování pravidelného pulsu bylo možno rozpoznat, jak se aparát přehřívá či ochlazuje a jak se mění tlak, což čidla transformovala do charakteru vysílání. S přenosem jakýchkoliv užitečných dat směrem k Zemi či opačně se nepočítalo.

**Člověk v kosmu: zvukem i obrazem**

I při pohledu na vývoj kosmických letů z dnešního odstupu takřka půl století se zdá až neuvěřitelné, jak rychle následovaly další etapy, jedna



za druhou. Přestože technologický vývoj i dnes, zhruba na přelomu století, je překotný a na le-dacos jsme zvyklí, dá se říci, že start první lidské posádky pouhé 4 roky po vůbec první umělé družici byl něčím mimořádným. A dodnes se nechce věřit, že již o dalších 8 let později kráčeli lidé po Měsíci, což nejlépe svědčí o tehdejšímu tempu technologického vývoje.

Nástup letů s lidskou posádkou pochopitelně vyžadoval i vývoj telekomunikačních zařízení. Zdaleka nešlo jen o přenos hlasové komunikace, jež představovala silné pouto s posádkou i klíčový „řídící“ kanál, ale především o doručování tzv. telemetrických dat, tedy stovek a tisíců údajů z různých měřicích čidel, jež byla rozmístěna prakticky všude, komorami tryskových motorů počínaje a hrudníky kosmonautů konče. Právě ona nervová vlákna telemetrie představovala pilíř v řízení tak citlivých kosmických výprav, jako byly třeba lety k Měsíci.

Spolehlivá komunikace s lidskou posádkou byla nezbytností, jež v některých oblastech výrazně posunula vývoj. Jak jsme si již naznačili výše, největším problémem nebylo použití specifických frekvencí či exotických metod přenosu dat, ale mobilita kosmického tělesa v tom nejdůležitějším smyslu slova. Typická loď s posádkou se totiž pohybuje na tzv. nízké oběžné dráze, je-



již faktická „výška“ nad Zemí je běžně kolem 300–500 km, což nepřímo znamená, že takové těleso vykoná kolem 16 obětů za 24 hodin. Již při letmém zamyšlení je jasné, že nad pevně umístěnou základnovou stanicí objekt proletí velmi rychle a nedává příliš možností k zahálení.

Pojďme si konkrétní řešení názorně předvést na jednom z nejpůsobivějších projektů, kterým bezesporu byly měsíční expedice Apollo. Po dobu cesty k Měsíci a zpět trávili astronauti čas ve velitelském modulu, jehož servisní část disponovala dvojitým anténním systémem, jenž zajišťoval

jak přímou hlasovou a obrazovou komunikaci, tak přenos telemetrických dat. První částí byla soustava 4 parabolických antén s vysokým ziskem, pracujících ve frekvenčním pásmu „S“, přesněji v mikrovlnné oblasti kolem frekvencí 2–4 GHz. Jak je mnohým uživatelům např. technologie Wi-Fi (2,4 GHz) známo, přenosy na velkou vzdálenost je potřeba realizovat s co nejpřesnějším nasměrováním antény, ani tato situace nebyla výjimkou: pokud nebyla přesně orientována na pozemský přijímací systém, spojení korektně nepracovalo. Právě pro tento případ zde byla zálož-



ní anténa, pracující jako všesměrová, jež vysílala v oblasti velmi krátkých vln (VKV, resp. VHF, kolem 275 MHz) a doplňovala výpadky vzniklé nedostatkem v nasměrování systému hlavního.

Až potud se tedy nejedná o žádný zážrak, ale v té době již dobře zvládnuté systémy. Zásadní technologické úpravy si však vyžádal komunikační systém umístěný na zemském povrchu. V první řadě bylo potřeba vyřešit skutečnost, že kosmická loď obíhá Zemí a jediná pozemní stanice ji nedokáže průběžně sledovat. Výsledkem byl vznik jedinečného systému Deep Space Network, jenž se využívá dodnes pro komunikaci s umělými vesmírnými tělesy: tvoří ho tři základnové stanice umístěné v USA, Španělsku a Austrálii, jež si mezi sebou obíhající objekty „předávaly“. Fascinující-

cí je pak především použití parabolických antén o nebyvalých rozměrech. Nejménší z nich mají průměr 9 m a spolu s většími (26 m) obsluhují právě lety blízko Země a k Měsíci (cca 400 000 km). Pro mise vzdálenější slouží 34m antény a pro účely letů na hranici sluneční soustavy pak slouží mírně sci-fi paraboly o průměru 70 m, o jejichž možnostech si povíme dále. Rozmístěním tří stanic po glóbu ještě nebylo vyřešeno vše: rychlý pohyb těles nad obzorem si vyžádal i velmi přesnou a flexibilní montáž anténních systémů tak, aby se dokázaly za sledovaným objektem průběžně natáčet, což je operace velmi náročná. Teprve součinností všech těchto technologií bylo možné dosáhnout nepřerušovaného spojení, kdy výjimkou bylo u lunárních expedic pouze odmlčení kosmické lodi ve chvíli, kdy se dočasně ocitla ve stínu našeho věčného sousputníka.

### Na hranicích jsoucnosti: z meziplanetárních sond

Pakliže připustíme, že komunikace s posádkami pilotovaných letů s maximální vzdáleností ke Měsíci byla stále ještě dobře představitelná, je na čase se blíže podívat na absolutní hranici možností soudobých technologií i fyzikálních zákonů. Absolutní vyvrcholení našeho umu v současné době představuje udržování aktivního spojení



s vesmírnými sondami, jež se nacházejí na hranici sluneční soustavy či za ní, za drahami planet Neptun či Pluto.

Jistě ve vás zcela správně vyklíčilo podezření, že v tuto chvíli vstupují na scénu obří 70m teleskopické antény systému Deep Space Network, jež dokáží posloužit v obou směrech komunikace.

## Země z nebe

### JAK NA INTERNETU HLEDAT PODROBNÉ FOTOGRAFIE ZEMĚ

JOSEF KULHAVÝ

Na orbitálních drahách kolem planety Země obíhá nespočet satelitních družic s různým posláním. Hned několik desítek těchto družic se zabývá podrobným snímkováním zemského povrchu. Výsledky jejich práce můžeme vyhledávat a prohlížet na internetu.

Jako první se začali zabývat snímkováním povrchu naší planety vojáci – zejména kvůli špiónáži nepřátelských území. Postupně pochopili význam podrobného fotografování země i civilisté. Ti její využívají ke zpřesňování mapových podkladů a map, pro aplikaci v zemědělství, geologii, lesnictví, při regionálním plánování, ale také ve zkoumání globálních proměn Země.

Kvalita a rozlišení snímků je u různých projektů rozdílná. Některé družice odesílají snímky z orbity v odstínech šedi, většina však zvládá rozeznávat miliony barev. Rozlišení se u běžně dostupných snímků pohybuje maximálně do úrovně, kdy jeden obrazový bod na fotografii odpovídá jednomu metru zemského povrchu. To se sice zdá jako velmi málo, nicméně svůj účel takové fotografie pohodlně splňují. Můžeme pouze spekulovat o tom, jak přesné jsou snímky vojenské. Má se za to, že jsou o jeden až dva řády dokonalejší.

Satelitní družice obíhají naši planetu po oběžných drahách ve výšce zhruba od 450 do 850 km. Tím je mimochodem dáno, že pro zmapování celého zemského povrchu je třeba, aby družice obletěla zemi nejen jednou, ale několikrát – řádově stokrát až tisíckrát. I při úctyhodné rychlosti přesahující 20 000 km/h trvá družici několik dní, než se jí podaří zmapovat celý zemský povrch. Internetových serverů, na nichž jsou fotografie zaslané satelitními družicemi uloženy, je několik. Některé z nich vyžadují placený přístup, my se však budeme zabývat výhradně těmi, které nabízejí bezplatný přístup (i za cenu sníženého rozlišení nebo barevného podání) a obsahují detailní fotografie České republiky.

Než se pustíme do vyhledávání těchto fotografií, měli bychom znát přesné souřadnice, kde se místo našeho zájmu nachází. To nám na mnohých serverech značně ulehčí práci s vyhledáváním konkrétní lokality. K určení souřadnic můžeme využít například server [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz). do vyhledávacího pole zadáme název obce a u konkrétní mapy pak mezi dalšími informacemi získáme přesnou zeměpisnou šířku a délku ve stupních a minutách.

### Digital Globe

Na adrese [archivetool2.digitalglobe.com](http://archivetool2.digitalglobe.com) naleznete mapu celé naší planety. Po kliknutí myši (nebo po tažení myši s přidržným levým tlačítkem) na jakékoli místo na mapě se před vámi otevře výřez se zakreslenými orientačními body (silnice a větší obce). Takto můžete místo na mapě stále zpřesňovat. Mapou lze rovněž v libovolném

směru posouvat, k čemuž slouží symbol ruky nad mapou. Prohlížet lze pouze výseče, které jsou ohraničeny černou barvou. Pokud máte zájem prohlížet i ty, které jsou vyznačeny šedě, změňte kritéria výběru vlevo od mapy. Zde je nutné nastavit hodnotu „Maximum Cloud Cover“ (maximální překrytí mraky) na 100 %. Výsledek však zřejmě nebude příliš dobrý. Nyní nad mapou klikněte na symbol „Highlight Tools“ a označte konkrétní část mapy, o kterou máte zájem. V dolní části stránky se zobrazí zvýrazněný odkaz na konkrétní snímek spolu s popisem jeho kvality. Klikněte na tlačítko „View“ – objeví se před vámi požadovaná mapa. Server DigitalGlobe.com trpí zásadním nedostatkem: některé části zemského povrchu dosud nejsou do databáze serveru za-



neseny, takže na mapě České republiky některá místa vůbec nenajdete.

### Space Imaging

Pro co nejpohodlnější vyhledání snímku na serveru [www.spaceimaging.com](http://www.spaceimaging.com) doporučujeme nejprve bezplatnou registraci. Jen po přihlášení uživatelským jménem a heslem se lze totiž pohodlně dostat k databázi „Carterra“ a tím i k mapě světa, se kterou lze pracovat velmi intuitivně. Vedle mapy zvolte ikonu přibližovací lupy a její pomocí vyberte požadované místo. Pokud znáte alespoň přibližné zeměpisné určení hledaného místa ve stupních a minutách, můžete taktéž použít tlačítko „Locate“ a dále „Lat/Long“ nad obrázkem mapy.

Nyní alespoň přibližně určete území, o jehož snímek máte zájem, a stiskněte tlačítko „Select“. V okně, které se před vámi otevře, zvolte rozlišení (buď 5 metrů – bezplatně, nebo 1 metr – placený přístup). Nyní server vyhledá všechny dostupné fotografie a jejich výčet spolu s podrob-

nostmi a odkazy na konkrétní fotografii hledaného místa zobrazí pod mapou.

### Spot Image

Na stránce [sirius.spotimage.fr](http://sirius.spotimage.fr) je třeba nejdříve vyplnit registrační údaje, aby bylo možné vstoupit do obsáhlé fotogalerie. Po přihlášení uživatelským jménem a heslem vyberte v horní části stránky jako „Product Type“ možnost „SPOT Scene“ a jako „Search Mode“ volbu „By Place Name“. Z rozevíracích nabídek postupně upřesňujte hledané místo a nakonec klikněte na červené tlačítko „Start Search“. Zobrazí se vám seznam nalezených fotografií. Další bohužel závisí na vaší intuici, i když by vám mohly pomoci alespoň zpřesňující informace o každé z nalezených fotografií. Po kliknutí na jakékoli číslo v prvním sloupečku se otevře nová stránka s vybraným obrázkem.

### Terra Server

Ovládání serveru [www.terraserver.com](http://www.terraserver.com) je více než jednoduché: v menu v horní části stránky vy-

berte odkaz „Search“ a dále „City (International)“. Do připravených políček zadejte město (server dokázal najít dokonce obec České republiky s méně než 1 000 obyvateli!) a stát (Czech Republic). Na stránce s vyhledávanými výsledky vyberte nejprve obec podle zeměpisné šířky a délky (pokud se zobrazí více výsledků), na další stránce klikněte na odkaz zobrazený vedle popisu obrázku. I když fotografie mají relativně nízké rozlišení, je výsledek podle našeho názoru nejlepší ze všech sledovaných serverů. I když tato hodnota je udávána 15 metrů na 1 pixel, je možné narazit na několikrát lepší fotogalerii.

### Orthomapa Prahy

Hledat na výše zmíněných serverech konkrétní pražskou ulici by bylo velmi zdlouhavé a výsledek by nebyl příliš uspokojivý. Na serveru [mapy.atlas.cz](http://mapy.atlas.cz) však kvalitní fotografickou mapu našeho hlavního města naleznete. Z rozevírací nabídky vyberte „Praha\_Ortho“ a město se před vámi otevře jako na dlani.

Kromě jejich obřích rozměrů a nesmírně přesných polohovacích systémů zde najdeme i další pozoruhodné technické parametry, mezi něž patří třeba výškový výkon. Za běžných provozních podmínek se vysílá ke vzdáleným sondám s výkonem mezi 2 000 a 20 000 W, a nastane-li mimořádná či havarijní situace, mezi něž může patřit třeba odklon jinak přesně směřovaných přijímacích antén na sondách, umí pozemní soustava na 70m gigantu vyslat signál o výkonu až 400 000 W! Jen pro letmý srovnání si uvedme, že povolený normovaný výkon Wi-Fi zařízení v pásmu 2,4 GHz je 0,1 W a při použití parabolické antény a nepovoleného výkonu 1 W dosáhnete dosahu v řádu mnoha kilometrů.

Ani vysílacím výkonem technologické zákraky nekončí, neboť dalším neobyčejně obtížným úkolem je vylovit nesmírně slabý signál vzdálených vesmírných sond z moře rádiového šumu všude kolem. Aparatury jsou pro tyto účely speciálně uzpůsobeny, včetně extrémního chlazení pomocí tekutého dusíku a speciálních postupů při postupném zpracovávání téměř ztraceného signálu, jenž po strastiplné pouti dorazí k Zemi. Snad vám tento úctyhodný výkon přiblíží alespoň údaje, že vzdálené sondy vysílají s výkonem nanejvýš kolem několika desítek watů (!!!) a po ztrátě výkonu na trase z něj zůstane při zachycení signál o výkonu kolem 1/1 000 000 000 000 000 000 W! Typickým představitelem těchto sond nejstarší

generace je třeba Pioneer 10, jenž odstartoval v roce 1972 a v současné době je již mimo sluneční soustavu. Jeho parabolická anténa má průměr 2,74 m, telekomunikační systém pracuje v pásmu 2,110 a 2,292 GHz s výkonem  $2 \times 8$  W a přenosová kapacita je mezi 2–2 048 bity/s. Poslední signály ze sondy dorazily v průběhu roku 2003, ale byly již tak slabé, že ani nejmodernější technika je nedokázala rozkódovat. Považte, že byly na cestě od sondy na Zemi po dobu více než 11 hodin.

Technologický pokrok je neuvěřitelný, konstruktérům se podařilo udržovat kontakt s umělými tělesy až za hranice našeho solárního systému. Poté se již vzeprěla samotná podstata fyzikálních zákonů.



## Kosmonautika ve službách telekomunikace

### První nasazení: antény v oblacích

Možnosti spojení s umělými družicemi se zlepšovaly překvapivě vysokým tempem. Primitivní výzbroj, již disponoval Sputnik 1, byla velmi rychle překonávána satelity vypouštěnými v následujících letech. Prvotní cíle byly především vědecké, takže rádiová komunikace byla nadále využívána k přenosu řídicích a ve stále větší míře i vědeckých dat. V těchto případech tedy sloužily telekomunikační mechanismy samotným vědeckým účelům jako podpůrný prostředek.

Tato „nerovnováha“ byla definitivně prolomena v průběhu léta 1962. Raketa Thor Delta vynesla na oběžnou dráhu o proměnlivé výšce 1 000–5 000 km družici s názvem Telstar 1, jejíž úkoly byly velmi ambiciózní. Počítalo se nejen s životností v řádu mnoha desetiletí, ale především byl na palubě umístěn první aktivní zesilovač rádiových telefonních signálů a televizních kanálů, díky čemuž se jednalo o světově první aktivní telekomunikační družici. Ve vývoji a snaze o nasazení do komerčního telefonního provozu měly prsty, jak jinak, slavné Bellovy laboratoře firmy AT&T a kulovitá, necelý metr vážící družice nabízela např. kapacitu 600 analogových transatlantických telefonních linek. Družice se stala opravdu průkopnickým počinem, neboť dokázala splnit své úkoly a přenesla jak televizní vysílání, tak telefonní hovory, navíc jejím prostřednictvím např. J.F.K. poskytl první takto živě přenášenou tiskovou konferenci. Přenášela se další data, jako třeba faxy nebo záznamy televizních přenosů, jež nebyly vysílány živě. Dodejme ještě, že se zároveň jednalo o první družici „na zakázku“, tedy o první zákaznický satelit vůbec.

Ačkoliv Telstar 1 byl prvním vítězstvím aktivních rádiových přenosů, snaha o jejich nasazení se objevila již mnohem dříve. Opravdu prvním pokusem o nasazení umělé družice pro telekomunikační provoz byl satelit s názvem Echo 1 a jeho naprosto výstižný název dává tušit, jak fungoval. Jednalo se o pasivní zesilovač mikrovlnného rádiového signálu až po frekvenci 20 GHz a zajímavá byla jeho podoba, či spíše její vznik: nosná raketa uvolnila na oběžnou dráhu pouzdro

o průměru zhruba 60 cm, z nějž se vzápětí „vyloupil“ balón o průměru 30 m, poskládaný ze speciální odrazné mylarové fólie o tloušťce zhruba 1/100 milimetru. Ta dokázala odrazit až 98 % žádoucího signálu zpět k Zemi. I této družici se podařil zajímavý kousek, neboť vydržela na orbitu téměř 8 let, což vůbec nikdo neočekával.

Na úspěchy prvních průkopníků samozřejmě navázaly další satelity. Telstar 1, jenž přestal sloužit překvapivě brzy díky poruše na elektronice vysíláče, byl následován Telstarem 2 stejné provenience, přidaly se další družice tohoto druhu: v roce 1964 již bylo možno pomocí dvou satelitů Telstar, dvou Relay a jednoho Syncom poskytovat širší nabídku telekomunikačních přenosů. Komunikační družice Syncom, stejně jako sourozenci Relay, využívaly k přenosu oblast mikrovlnného rádiového vysílání na frekvencích ko-

lem 2 či 7 GHz. Právě tato či velmi blízká frekvenční pásma jsou dnes rutinně používána např. pro bezdrátové síťové přenosy typu Wi-Fi (frekvence kolem 2,4, resp. 5 GHz) nebo mobilní sítě typu GSM (0,9 GHz, 1,8 GHz, 1,9 GHz) či UMTS (2 GHz). Stranou tohoto typu nasazení družic pochopitelně nezůstal ani Sovětský svaz, a proto v roce 1965 začala působit posléze velmi bohatá a obsáhlá řada, jejíž satelity se nazývají Molnija. Nejstarší družice zahájila první generaci, dnes již obíhá Zemi generace třetí a všechna vypuštěná zařízení slouží obdobně jako americké stroje k přenosu telefonních kanálů, televizního vysílání a různých datových přenosů. Jako přenosové pásmo byly opět použity mikrovlny kolem 1 GHz a první zesilovače signálu měly výkon ko-



lem 40 W, novější typy generace 2 pak vysílaly na frekvencích kolem 6,1 GHz. Za dobu existence projektu bylo postupně vypuštěno mnoho desítek těchto satelitů.

### Zavěšeny nad hlavou: kouzlo geostacionárních drah

Jednou ze zásadních nevýhod, již bylo a stále je nutno čelit v případě zprostředkujících telekomunikačních družic, je rychlost jejich pohybu po orbitální dráze. Jak jste již možná v předchozím textu zachytili, běžná oběžná dráha umělých družic leží relativně nízko nad zemí (typicky do 1 000 km), což znamená, že družice stihne oběhnout kolem planety mnohem rychleji, než se tato otáčí, a to třeba tak, že se nám jejich pohyb jeví jako 15 oběhů za 24 hodin. To je pochopitelně velmi nepraktické, neboť přijdeme v průběhu každého oběhu na určitou dobu o konektivitu (vysíláče družice prostě není vidět). Pro spo-

jení mezi pevnými body, řekněme třeba Prahou a New Yorkem, to znamená zásadní problém.

Tuto situaci lze řešit v zásadě několika způsoby. Jedním z nich je vysílání družic na velmi excentrické dráhy, takže důsledkem je jakoby dlouhatánské stoupání a klesání satelitu nad obzorem v průběhu „viditelné“ fáze oběhu, zatímco protilehlá část orbity je velmi krátká. V praxi to znamená, že např. nejbližší bod oběžné dráhy je vzdálen 300 km a nejvzdálenější 10 000 km. Ačkoliv tato metoda má své výhody, některé obtíže přetrvávají, jako třeba nutnost orientovat pozemské antény v případě snahy o směřování vysílání.

Dalším velmi populárním způsobem řešení přímé viditelnosti družic nad určitými místy zemského povrchu je využití tzv. geostacionární dráhy.

Jedná se o „taktiku“, s níž přišel řadu let před započítáním skutečných letů slavný vědec a především autor sci-fi literatury Arthur C. Clark, jenž se mohl již za svého života těšit ze skutečného využití této myšlenky. Princip je vlastně velmi prostý: satelit je raketou vyveden na co možná nejpřesnější, téměř kruhovou dráhu, a to v takové výšce, že jeden oběh po této orbitě trvá stejně dlouho, jako otočení zemského povrchu pod ním. Vzdálenost od Země je v tomto případě zhruba 36 000 km (což je asi 1/11 cesty k Měsíci) a družice, putující první kosmickou rychlostí, obíhá vůči zemskému povrchu nulovou rychlostí. Jinými slovy, satelit je „přibit“ na přesném místě na obloze, což s sebou nese zásadní výhodu v podobě možnosti nasměrovat na něj napevno instalovanou parabolickou anténu. Právě tento způsob umístění družic na dráze je jedním z nejpůvodnějších řešení a s ním souvisí obrovská móda i praktická využitelnost „satelitů“, tedy slangově pojmenovaných parabolických přijíma-

cích antén, jež jsou nasměrovány právě na některý ze skutečných geostacionárních satelitů.

Využití tohoto typu drah na sebe opět nedalo dlouho čekat. Již v srpnu 1964 vynáší raketa družici s názvem Syncom 3, jejíž předchůdkyně byly také telekomunikačními zařízeními, ovšem na drahách s vysokou excentricitou. První reálný geostacionární satelit byl skutečně používán k přenosům telekomunikačním, a to hned ve dvou tragicky protichůdných případech: zpravodajský přenos z olympijských her v Tokiu 1964 byl nahrazen komunikačním tokem na bojiště vietnamského konfliktu. I tato družice vysílala v pásmu mikrovln na frekvencích cca 1,8 a 7,4 GHz a nabízela 300 paralelních telefonních okruhů.

V současné době je na geostacionární dráze dosti těsně a zemský povrch s milióny příjemců především televizního vysílání využívají řady družic různých programů. Pro uživatele v tuzemsku hrají významnou roli rodiny satelitů Astra a Hotbird – první z rodiny Astra startoval v roce 1997, úvodní modul z kolekce Hotbird pak o dva roky dříve. Jedná se o velmi výkonná zařízení, neboť každá družice běžně disponuje několika desítkami transpondérů (zesilovačů přenášeného vysílání) a škálou příslušných frekvenčních pásem, jež se nachází v mikrovlnné oblasti kolem 11 a 12 GHz. A abychom byli konkrétní, uvedme, že třeba satelity Astra jsou v tuzemsku využívány pro šíření programové nabídky služby UPC Direct.

### Mobilní kdekoli: vrcholy a pády Iridia

Nasazení geostacionárních družic má nesporné výhody v případě přenosu signálů, jejichž koncoví příjemci na zemském povrchu jsou dostatečně stabilní na to, aby disponovali „pořádnou“ anté-





Po technické stránce pracují družice Iridium ve třech frekvenčních pásmech podle toho, s kým navazují spojení. Při komunikaci s pozemním koncovým zařízením se používá pásmo kolem 1,6 GHz (tedy velmi blízko systému GSM), mezi sebou družice vysílají v oblasti 23–29 GHz a komunikace s pozemními centry je navazována v pásmech kolem 19,5 a 29,2 GHz (pro každý směr zvlášť).

I přes nadějně vyhlídky a ambiciózní plány se zdá být jasné, že potenciální uživatelé svou ouchtou platit podobnou „globální“ komunikaci neudrží v provozu více než ony 2 až 3 reálně fungující systémy. Přesto se další jeden až dva konkuru-



nou pro příjem. Parabola o třeba metrovém průměru bezesporu nevyhovuje představě o mobilním uživateli, a to ani v automobilu, o putování s „batohem na zádech“ ani nemluvě. Vzdálenost geostacionární orbity je zkrátka příliš velká na to, aby přijímač mohl vypadat zhruba jako běžný GSM telefon. Právě tato skutečnost jistě dlouho bránila tomu, aby vznikl globální celosvětový mobilní telefonický systém, jehož koncové zařízení, tedy telefon, by byl snadno přenosný.

Spojit alespoň částečnou mobilitu uživatelů s umístěním satelitů na geostacionární dráze se pokusil projekt Inmarsat, zaměřený především na komunikaci v oblastech mimo souš. Družice jsou umísťovány od roku 1990 na skutečné geostacionární dráze a zásadní nevýhodou je právě nutnost relativně masivního přijímacího zařízení, což vás zásadně neomezuje třeba v letadle či na jachtě, ovšem oproti GSM telefonu je zde propastný rozdíl který brání opravdu mobilnímu použití. Mimochodem, i tyto družice operují při vysílání v pásmech kolem 1,6, 3,6 či 6,4 GHz.

Překlenout „poslední“ obtíž se odhodlala společnost Motorola ve svém návrhu globálního satelitního telefonního systému, jenž dostal název

Iridium. Pokud bychom použili příměr z oblasti „pozemské“ mobilní telefonie, pak by se dalo říci, že úkol základnových stanic (BTS) zde přebírá skupina družic, pohybujících se na relativně nízkých oběžných drahách. Pro pokrytí celého zemského povrchu je jich potřeba značné množství, takže systém Iridium byl původně navržen v podobě 77 satelitů, realizováno jich bylo ve skutečnosti 66, dalších 6 kusů funguje jako záloha. V září 1998 bylo konečně všech 72 družic (po patnácti startech nosných raket) na oběžných drahách a provoz mohl začít. Přestože technologického cíle bylo v zásadě dosaženo, provozující společnosti, jež se s tímto podnikem postupně popraly, víceméně dosud trápí návratnost vložených prostředků a ekonomičnost celého provozu. Projekt Iridium není jediný, kdo poskytuje technologické základy pro velkoplošnou mobilní komunikaci. Druhou společností, jež zároveň představuje fakticky jediného konkurenta, je Globalstar, která však vsadila na pokrytí pouze obydlých částí souše. Iridium tedy zůstává jediným systémem, jenž umožňuje komunikaci i na mořích či v polárních oblastech, kde často dobrodruhům či vědeckým pracovníkům tato služba přijde vhod.

renti průběžně snaží vybudovat podobné systémy, takže se nechme překvapit.

### Závěrem: exotické i důvěrně známé

Blížíme se k závěru naší malé exkurze do světa komunikace za hranicemi našich běžných pozemských rozměrů. Možná je pro mnohé z vás překvapením, že přenos užitečných dat se odehrává ve frekvenčních pásmech, jež běžně používáme i pro jiné, dosti „přízemní“ síť. Při bližším zkoumání byste však dospěli k závěru, proč tomu tak je: mikrovlnné rádiové vysílání lze totiž ideálně směřovat do úzkých paprsků a zacílit je tak na velmi vzdálené objekty. Navíc mezi frekvencemi 2–30 GHz se nachází pásmo, jež není ani příliš rušeno všeobecným kosmickým „šumem“ (pod 2 GHz) a navíc mu není na překážku vysoká vlhkost a vodní kapky v atmosféře (nad 30 GHz). Někdy na první pohled neuvěřitelných výkonů tedy bylo dosaženo využitím známých technologií a souhrou mnoha technologických faktorů, na jejichž konci se nachází sledování signálů vzdálených meziplanetárních sond za nebývalé svízelných podmínek.

4 0643/FEL □