

## AKO FUNGUJE MOBILNÁ SIEŤ

Neodmysliteľnou súčasťou dnešnej spoločnosti sa stala komunikácia cez mobilný telefón, ktorý využíva prenos signálu cez umelé družice Zeme. Už v roku 1962 sa uskutočnil pomocou družice Telstar prvý medzikontinentálny televízny prenos medzi Amerikou a Európou. Táto družica sa pohybovala na pomerne nízkej obežnej dráhe, takže prenos trval iba krátko. O dva roky neskôr (pri vysielaní športových prenosov z olympijských hier v Tokiu) bola v praxi použitá myšlienka A. C. Clarka, ktorý už v roku 1945 navrhol zabezpečenie spojenia pre celú zemeguľu pomocou troch geostacionárnych družíc. Clark si predstavoval tri družice, ktoré by sa pohybovali v rovine prechádzajúcej zemským rovníkom. Ich obežné doby by boli rovnaké ako doba otočenia Zeme okolo vlastnej osi. To by znamenalo, že každá z družíc by „visela“ nad tým istým miestom zemského povrchu. No a na takéto pokrytie by podľa Clarka mali stačiť tri družice. Pokrytie by bolo takmer dokonalé, až na oblasti zemských pólův. Aby sme si túto problematiku trochu priblížili, pokúsime sa vypočítať dva údaje:

- ako dlho by sa šíril signál pri rozhovore mobilným telefónom, ktorý by používal na prenos signálu geostacionárnu družicu,
- na akom veľkom území by ešte bolo možné použiť takto pracujúci mobilný telefón.

Najskôr určíme výšku  $h$ , v ktorej sa nachádza geostacionárna družica. Takáto družica „visí“ nad jedným miestom, to znamená, že má rovnakú obežnú dobu, ako je doba rotácie Zeme okolo svojej osi. Ak predpokladáme, že sa družica pohybuje rovnomerne po kružnici, pre jej pohyb platí

$$m(R+h)\omega^2 = G \frac{mM}{(R+h)^2},$$

kde  $m$  je hmotnosť družice,  $R$  je polomer Zeme,  $M$  je hmotnosť Zeme,  $G$  je gravitačná konštanta a  $\omega = 2\pi/T$  je uhlová rýchlosť pohybu družice (obežná doba pohybu družice  $T \doteq 24$  hodín). Keď dosadíme  $\omega$  a použijeme približný vzťah  $g \doteq GM/R^2$ , kde  $g$  je zrýchlenie voľného pádu na povrchu Zeme, bude mať pohybová rovnica družice tvar

$$\frac{4\pi^2 m(R+h)}{T^2} = \frac{mg}{(R+h)^2} R^2,$$

odkiaľ dostávame, že hľadaná výška (pre  $g \doteq 10 \text{ ms}^{-2}$  a  $R \doteq 6400 \text{ km}$ ) je

$$h = \sqrt[3]{\frac{gT^2 R^2}{4\pi^2}} - R \doteq 36000 \text{ km}.$$

Signál musí prejsť dvakrát vzdialenosť  $h$ , pričom sa šíri prakticky rýchlosťou svetla  $c = 300000 \text{ km/s}$ . Na prekonanie uvedenej vzdialenosti preto potrebuje čas

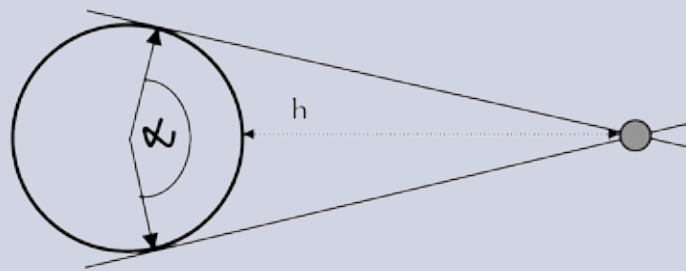
$$t \doteq \frac{2h}{c} \doteq 0,24 \text{ s}.$$

Veľkosť pokrytia môžeme určiť výpočtom veľkosti uhla  $\alpha$  na nasledujúcom obrázku, z ktorého je jasné, že

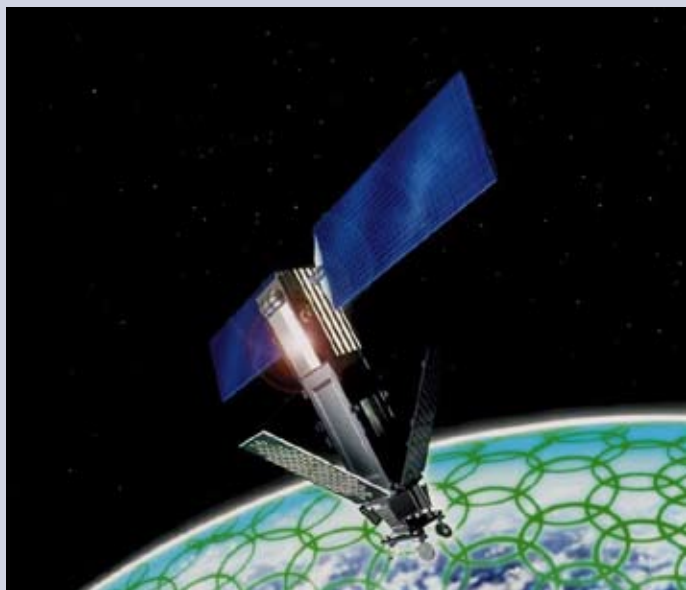
$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{h+R}.$$

Pre dané hodnoty dostaneme  $\alpha \doteq 162^\circ$ , čo znamená, že na „celosvetové“ pokrytie mobilného signálu skutočne stačia tri geostacionárne družice. Ukázali sme, že predpovede autora Vesmírnej odysey boli správne.

Keďže mobilné telefóny nemôžu byť vybavené satelitnou anténou a nemajú dostatočne výkonné vysielacie, aby komunikova-



li s geostacionárnymi družicami, využívajú na svoju prevádzku družice na nízkych obežných dráhach. Aby bolo zabezpečené globálne pokrytie signálom, je potrebné na tieto účely používať väčší počet družíc na rôznych dráhach. Už v roku 1995 povolil americký federálny úrad pre telekomunikácie prevádzkovanie troch komunikačných sietí, ktoré využívajú družice na nízkych obežných dráhach. Najväčšia z týchto sietí nesie názov Irídium a pozostáva z asi 80 aktívnych komunikačných družíc (názov dostala podľa rovnomenného chemického prvku – pôvodne bolo plánovaných 77 satelitov, počet rovnajúci sa protónovému číslu irídia). Družice pre túto sieť stavala firma Motorola a investičné zámery predstavovali sumu 5 miliárd dolárov.



Jedna z družíc systému Irídium

Jednotlivé družice sú umiestnené na 6 polárnych dráhach a na každej dráhe je 12 až 14 satelitov. Sústava Irídium je unikátna, pretože poskytuje telefónne a dátové spojenie pre mobilné telefóny kdekoľvek na Zemi, to znamená, že pokrýva aj také miesta, ako sú svetové oceány alebo zemské póly.

Niektoré družice sú často viditeľné na nočnej oblohe v podobe zábleskov, ktoré bývajú medzi astronómami označované ako „Iridium flare“. Záblesky vznikajú v dôsledku odrazu slnečného svetla od družice, ktorej slnečné panely sú pokryté vysoko reflexnou vrstvou a pôsobia vlastne ako zrkadlá. Veľá zábleskov má jasnosť okolo  $-7$  magnitúdy, niektoré sú dokonca jasnejšie ako Venuša. Vyzerajú ako padajúce meteory, ale ich stopy sú symetrické (viď obrázok). Na internete môžete nájsť stránky, na ktorých sú zverejnené predpovede zábleskov družíc siete Irídium ako aj preletov ďalších družíc a orbitálnych staníc, napr. <http://www.heavens-above.com>.



*Nádherný záblesk jednej z družíc siete Iridium*

Ďalšie systémy podobné Irídiu sú GlobalStar a Odyssey. Všetky tri systémy majú niečo spoločné. Na svoje vysielanie využívajú frekvencie blízke 1 612 MHz. Tým však vznikol vážny problém, pretože táto frekvencia je veľmi blízka frekvencii, ktorú vyžaruje vo vesmíre pomerne hojne zastúpená hydroxylová molekula OH. Preto je táto frekvencia predmetom záujmu všetkých rádioastrónomov, ktorí pomocou nej študujú napr. rozpínanie planetárnych hmlovín. Tí sa obávali, že ak spoločnosti prevádzkujúce satelitné siete nedodržia pridelené frekvencie, môže vzniknúť šum, ktorý bude „deformovať“ signály sledované rádiovými teleskopmi. Nakoniec všetko dobre dopadlo a astronómovia uzavreli s Motorolou obojstrannú dohodu o využívaní dôležitej frekvencie.

V roku 2000 hrozil celý sieti Irídiu zánik. Napokon sa ju však podarilo predať a nový majiteľ sa zaviazal, že ju bude naďalej udržiavať.

*Lubomír Konrád*