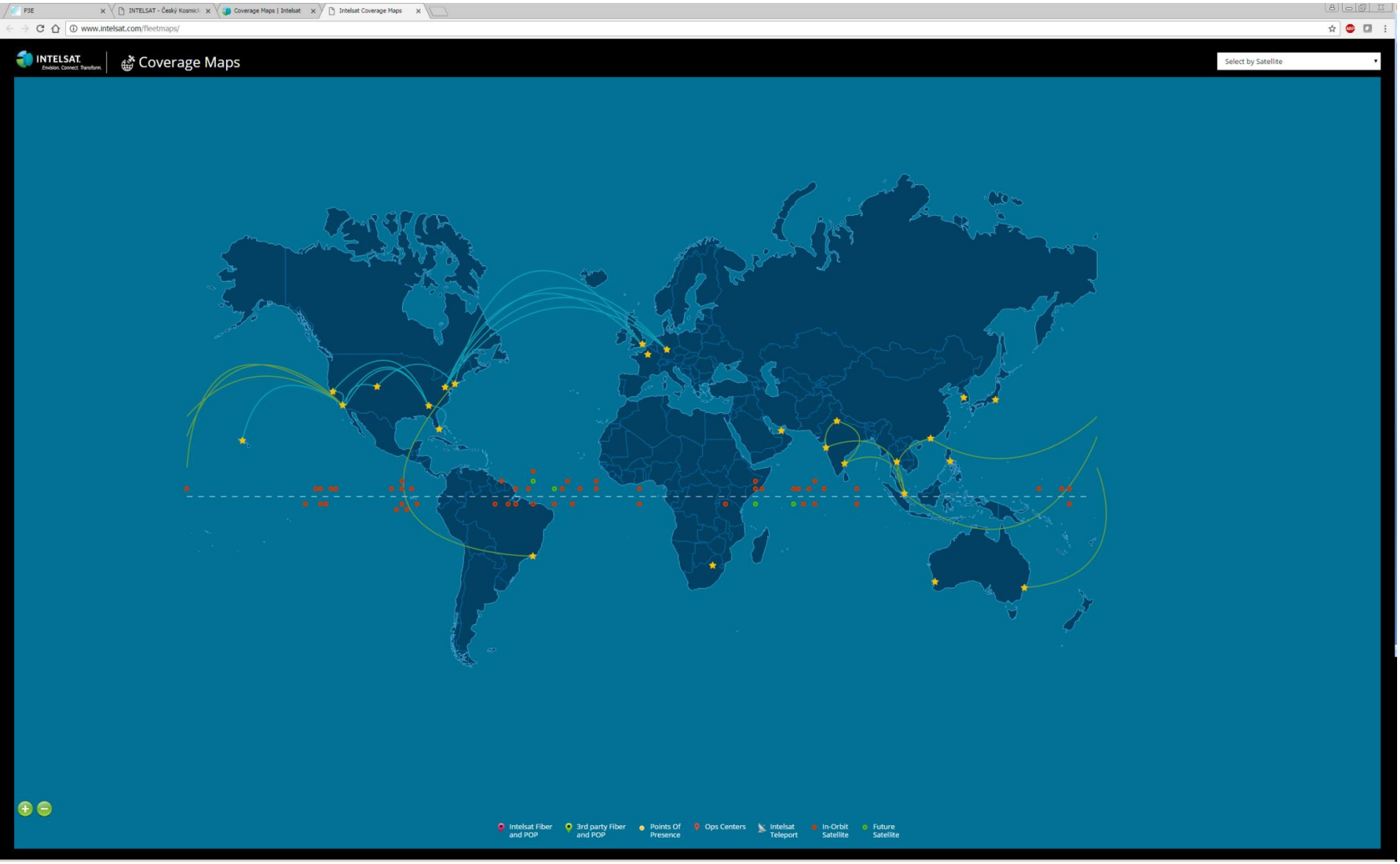
Satelitní komunikace

Prof. Ing. Miroslav Kasal, CSc
Ústav radioelektroniky
FEKT VUT v Brně
SE7.108
E-mail: kasal@feec.vutbr.cz
http://www.urel.feec.vutbr.cz/esl/

http://www.urel.feec.vutbr.cz/esl/files/Othact/U3V/6pr.pdf

INTELSAT


P3E
INTELSAT - Český Kosmick
Coverage Maps | Intelsat
Intelsat Coverage Maps
www.intelsat.com/fleetmaps/
INTELSAT
Envision. Connect. Transform.
Coverage Maps
Select by Satellite
Intelsat Fiber and POP
3rd party Fiber and POP
Points Of Presence
Ops Centers
Intelsat Teleport
In-Orbit Satellite
Future Satellite

EUTELSAT



—

Seven satellites
to launch by 2017

SATELITNÍ KOMUNIKACE – TELEFONY

- devadesátá léta: **INMARSAT** s analogovými družicemi druhé generace a terminály s průměrem antény 1m, mobilní analogové telefony (NMT), začátek Internetu - elektronická pošta…(dnes IMSO)

- **IRIDIUM**, **GLOBALSTAR** systémy s kosmickým segmentem LEO a terminály: malý “handheld” - byly vyvíjeny současně s GSM…
  při srovnání s GEO eliminace časového zpoždění a bilance +26 dB pro jeden směr…

IRIDIUM i **GLOBALSTAR** byly komerčně neúspěšné…..**TELEDESIC** zastaven……

- Sofistikované digitální zpracování signálů na palubě družice – adaptabilní anténní svazky a přidělování šíře pásma podle požadavku spolu s kosmickou technikou - relativně velmi rozměrné antény ale také odpovídající přesnost a stabilizace polohy, životnost družice…
  THURAYA a **INMARSAT**

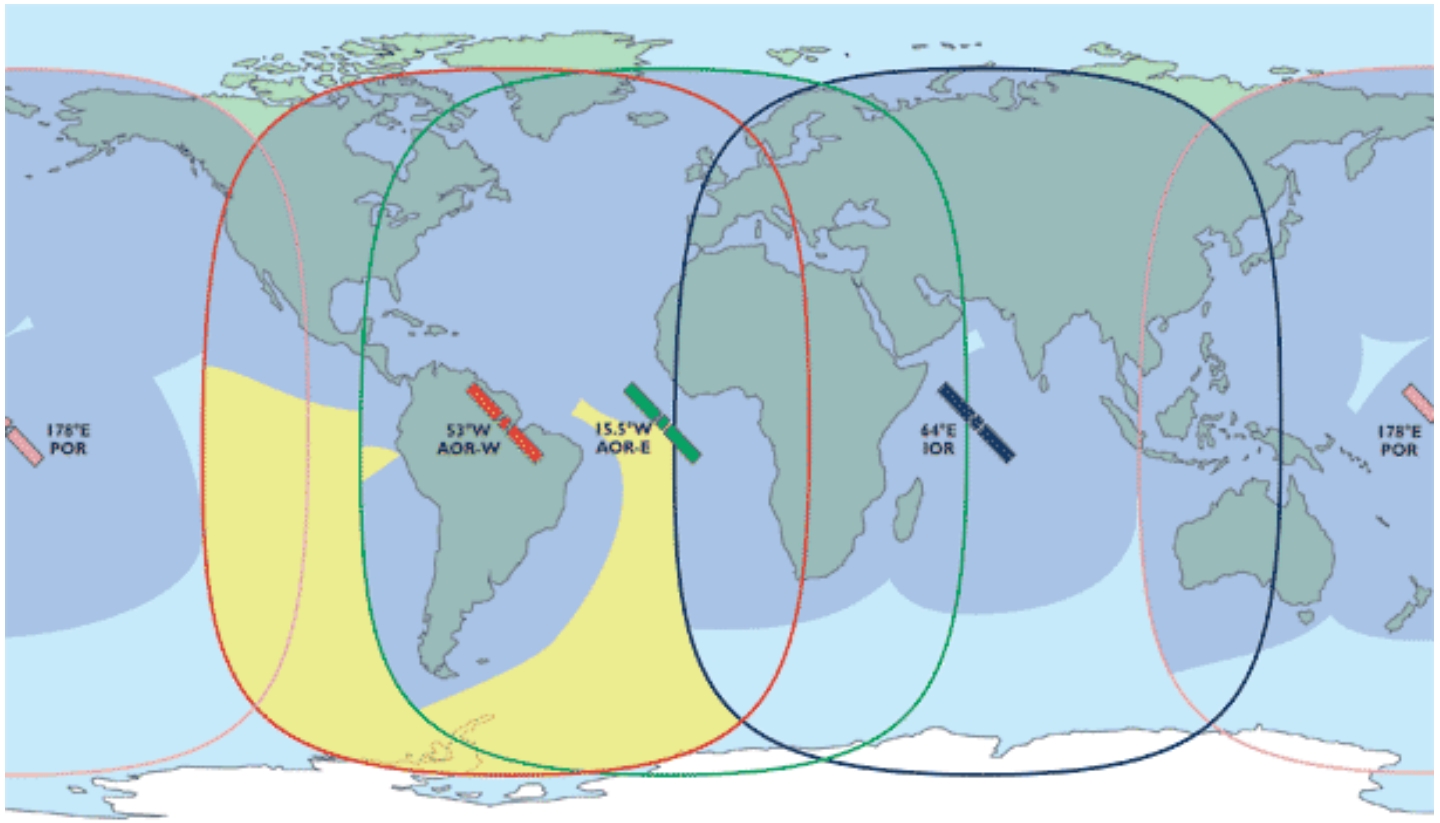
Družicové systémy pro mobilní komunikace

Typ orbity	Operátor	Konstelace	Pokrytí	Linka uživatelská uplink - downlink	Linka spojová uplink - downlink	Linka mezi satelitní	Služby
GSO	**Inmarsat**	4 sat. GSO	mimo pol. obl.	1,6 1,5 GHz	4 6 GHz	-	data až 64 kb/s
ICO	**I-CO**	10 + 2 zál. sat. 45° - 10390 km 2 roviny	100%	2 2 GHz	5 7 GHz	-	elef.
	Odyssey	12 sat. 50° - 10354 km 3 roviny	100% el. > 22°	1,6 2,5 GHz	30 20 GHz	-	telef.
LEO	**Iridium**	66 + 6 zál. sat. 86,4° - 780 km 6 rovin	100%	1616 - 1626,5 1616 - 1626,5 MHz	29,1 - 29,3 19,4 - 19,6 GHz	23,18 - 23,38 GHz	hlas 2,4 kb/s data 2,4 kb/s
	Globalstar	48 + 8 zál. sat. 52° - 1414 km 8 rovin	70° j.š. - 70° s.š.	2483,5 - 2500 1610 - 1626,5 MHz	5025 - 5225 6875 - 7075 MHz	-	hlas 2,4 kb/s data 9,6 kb/s
	Teledesic	288 sat. 98,2° - 1375 km 12 rovin	100% el. > 40°	28,6 - 29,1 18,8 - 19,3 GHz	28,6 - 29,1 18,8 - 19,3 GHz	60 GHz	data up 2 Mb/s dwn 64Mb/s
	Orbcomm	48 sat. 45°(32) - 8 rovin + 70° a 108°(16) - 825 km	100%	148 - 150 137 - 138 (down i 400) MHz	137 - 138 148 - 150 MHz	-	data protokol X.25 X.400

INMARSAT 1,5/1,6 GHz a 4/6 GHz

je v provozu již od 1982 – původně pro plavidla nyní pro pozemní, námořní i letecké účastníky

- **KOSMICKÝ SEGMENT** - čtyři družice GEO I-3



- **Stanice MES** (Mobile Earth Station) – mobilní pozemské stanice převozné (transportable) pro umístění na prostředky námořní, letecké nebo pozemní dopravy nebo přenosné (portable) pro personální komunikaci. S družicí komunikují v kmitočtovém pásmu 1,5/1,6 GHz.

- **Stanice LES** (Land Earth station) – pevné stanice, které tvoří rozhraní vůči kosmickému segmentu. Systém nepoužívá přímou komunikaci mezi jednotlivými družicemi, spojení mobilní stanice se uskutečňuje vždy přes některou LES v dané zóně. Stanice LES pracují v pásmu 6/4 GHz a slouží zároveň pro komunikaci mezi mobilní stanicí a pozemskými telekomunikačními sítěmi.

- **Stanice NCS** (Network Control Station) – slouží pro celkovou koordinaci sítě, pro účely kontroly, řízení a monitorování systému.

SLUŽBY (Global Beam services)

- **INMARSAT-A** – je nejstarší, ještě analogový mód pro přenos hlasu, telexu a pomalých dat pro námořní pohyblivou službu v pásmu 1,5/1,6 GHz. Se zvláštní výbavou HSD (High Speed Data) lze přenášet data rychlostí až 64 kbit/s. Tato služba byla zrušena v roce 2007.

- **INMARSAT-B** – je standardni služba pro přenos hlasu a dat rychlostí 9,6 kbps. S výbavou HSD lze přenášet data až 128 kbps.

- **INMARSAT-C** – slouží pro datové přenosy (telex, fax, data) s maximální přenosovou rychlostí 600 bps a délkou zpráv do 32 kbyte (obousměrně). Metoda přenosu je store/forward a doba přenosu každé zprávy od jejího vyslání až po její přijetí může trvat pět až deset minut. Specialitou služby je propracované rozesílání zpráv více uživatelům současně a automatické generování aktuální polohy při nehodě či v nouzové situaci. Data jsou přenášená v malých paketech o velikosti 32 bytů.

- **INMARSAT-D** a **D+** - zajišťuje paging (varianta D) a obousměrný paging (varianta D+). Podporované zprávy jsou tónové, numerické i alfanumerické.

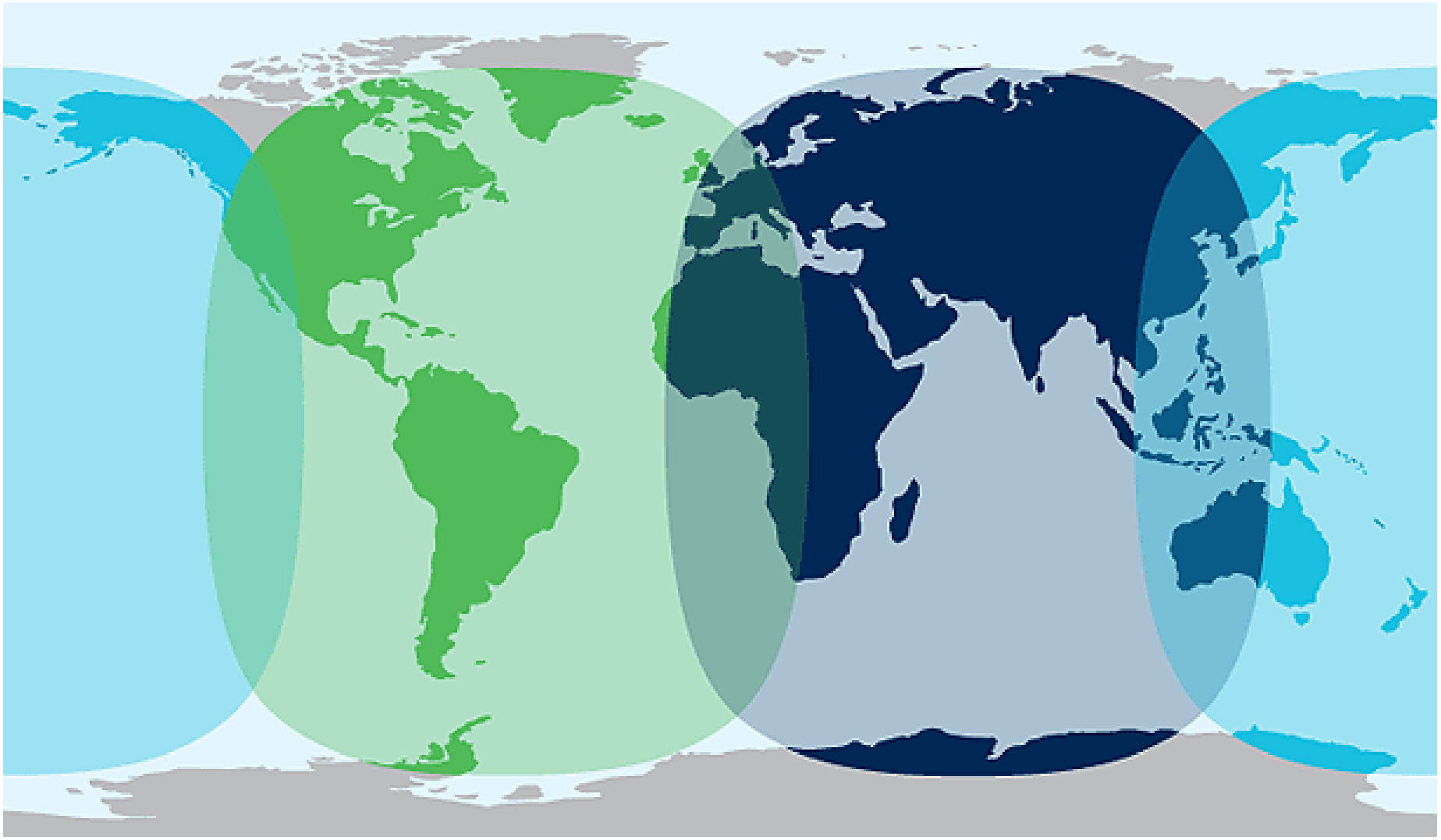
- **INMARSAT-M –** byl uveden do provozu v roce 1993. Jedná se o plně digitální systém, který umožňuje řízení vysílacího výkonu terminálu v závislosti na aktuálních podmínkách pro zajištění obousměrné komunikace. Používá poměrně malé mobilní stanice MES, které umožňují přenos hovoru, dat a faxových zpráv s maximální přenosovou rychlostí 2400 b/s.

- **INMARSAT-miniM** – nabízí mobilní družicovou komunikaci pro hovor a přenos dat stejně jako INARSAT-M. Ke svému provozu využívá družic 3. a 4. generace, které umožňují provoz v úzkých svazcích (spot beams) s vyšším vyzářeným výkonem.

- **INMARSAT-E** – systém je konstruován jako elektronický námořní maják a nenabízí jiné telekomunikační služby.

MODERNÍ SYSTÉMY INMARSAT s družicemi I-4 pro mobilní služby – (Spot beam services)

Pozemní	Námořní	Letecké
BGAN (Broadband Global Area Network) regionální **RBGAN**	**Fleet 77,55,33**	**SwiftBroadband**
IsatPhone	**FleetBroadband**	**Aero classic**
LandPhone	**FleetPhone**	

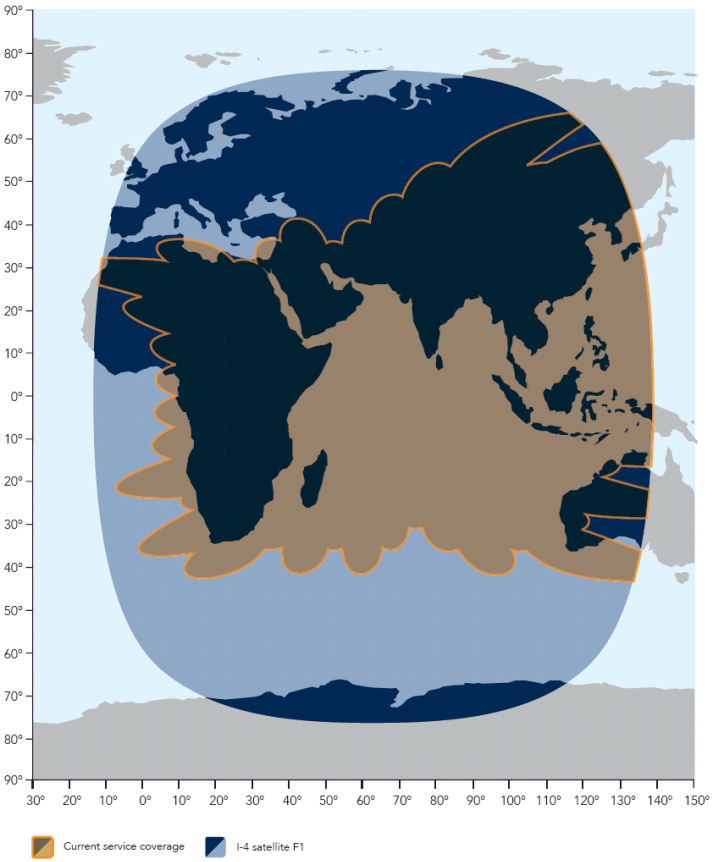


I-4 sat F3 I-4 sat F2 I-4 sat F1

BGAN
(Broadband Global Area Network)
popř. regionální **RBGAN** širokopásmové služby
současně s hlasovými pro mobilní účastníky
s garantovanými parametry na globálním základě.
Systém využívá družic I-4.

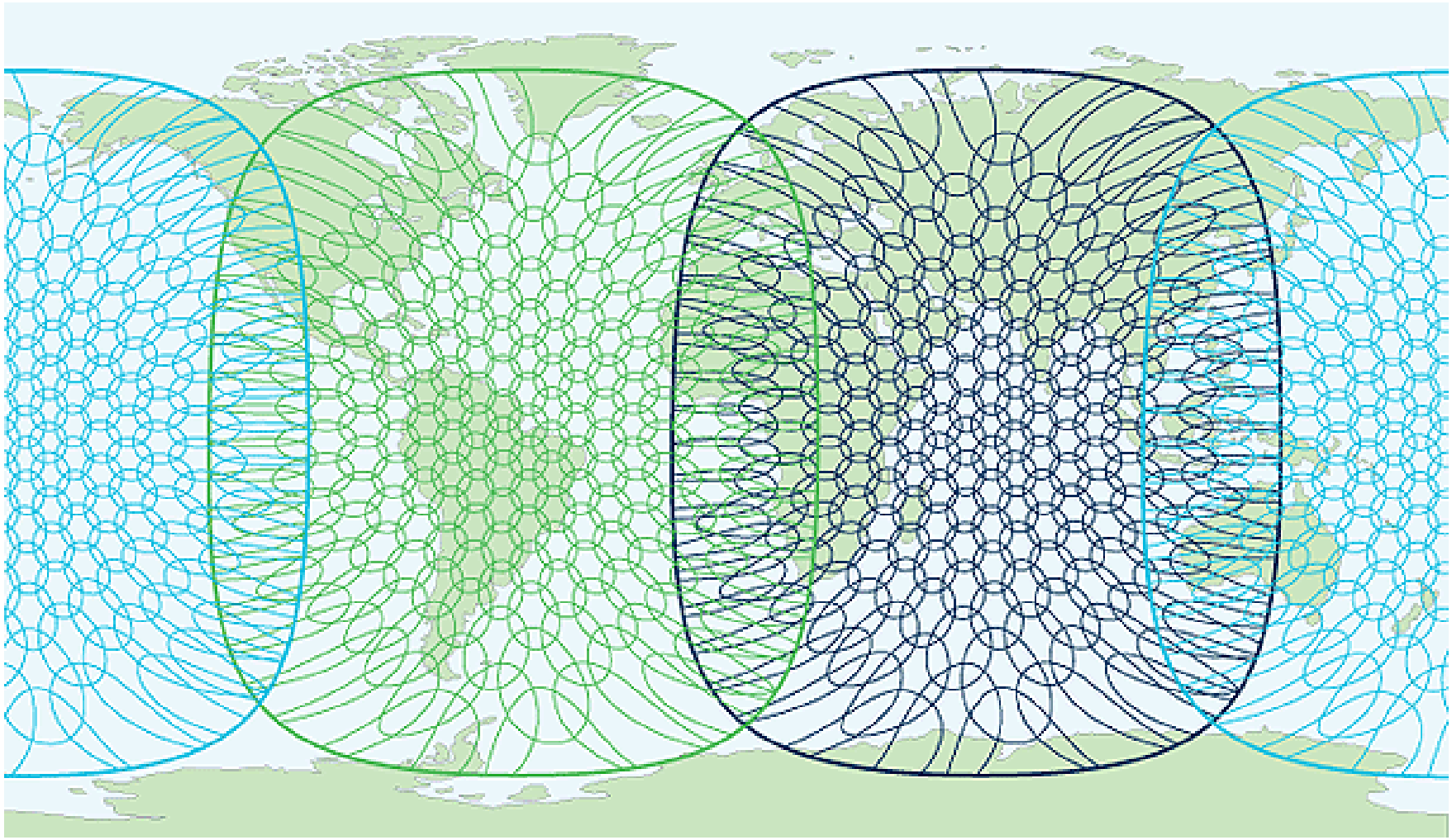
Fleet 77
128 kbps ISDN
Fleet 55
fax, ISDN, MPDS, 3,1 kHz audio
Fleet 33
fax, 9,6 kbps data, MPDS

- **IsatPhone a LandPhone** jsou nové systémy INMARSATu pro hlasové služby v oblastech kde nejsou jiné sitě, především v Asii. Pokrytí zajišťuje satelit F1 (I-4). Zatímco datový přenos v režimu GSM je standardní 9,6 kbps při družicovém je rychlost omezena na 2,4 kbps.





Pokrytí SwiftBroadband

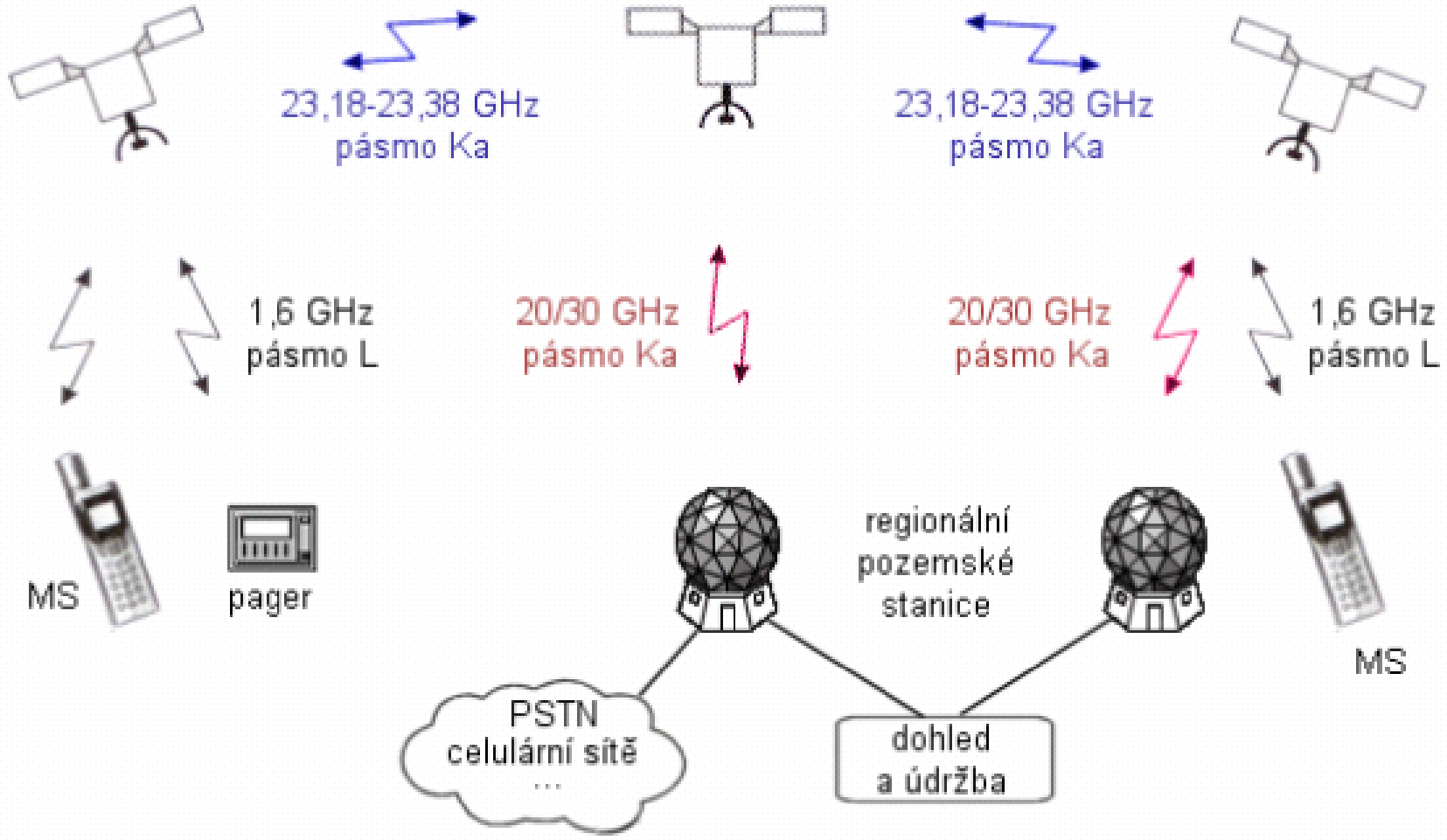


IRIDIUM

vyvíjen firmou MOTOROLA a přidruženými, převážně mimoevropskými partnery. Kosmický segment systému tvoří 66 operačních a 6 záložních družic na nízkých oběžných drahách - LEO. Název projektu vznikl v souvislosti s atomovým číslem prvku Iridia - 77, neboť právě takový byl původně předpokládaný počet družic. K základní charakteristice systému patří vzájemné propojení družic.

- **Družice -** mají hmotnost 689 kg. Byly vyvinuty a sériově vyráběny divizí SATCOM MOTOROLA. Cenu jedné družice se podařilo snížit pod 50 mil. US $. Družice jsou rozmístěny na kruhových polárních drahách s inklinací 86^{o} a výškou 780 km, v šesti orbitálních rovinách. V každé rovině je 11 operačních satelitů a jeden záložní. Spojení mezi družicemi je v pásmu Ka (23,18 - 23,38 GHz), stejně jako spojení mezi družicí a pozemními pevnými stanicemi (downlink 19,4 - 19,6 GHz, uplink 29,1 - 29,3 GHz). Komunikace s mobilními stanicemi je v pásmu L (1616,0 - 1626,5 MHz). Vícenásobný přístup je zajištěn kombinací FD/TDMA.

IRIDIUM


23,18-23,38 GHz
pásmo Ka
23,18-23,38 GHz
pásmo Ka
1,6 GHz
pásmo L
20/30 GHz
pásmo Ka
20/30 GHz
pásmo Ka
1,6 GHz
pásmo L
MS
pager
regionální
pozemské
stanice
MS
PSTN
celulární sítě
...
dohled
a údržba

- **Stykové stanice** - umístění těchto stanic (Gateways) je v oblastech vhodných pro napojení na stanice celulární sítě. Centrální jednotkou jsou přepínače Siemens EWSD podle standardu GSM - D900.

- **Řídící stanice** - centrální řídící stanice je v Severní Virginii. Další dvě TTAC (Telemetry, Tracking and Control Center) jsou v Kanadě a na Hawaii.

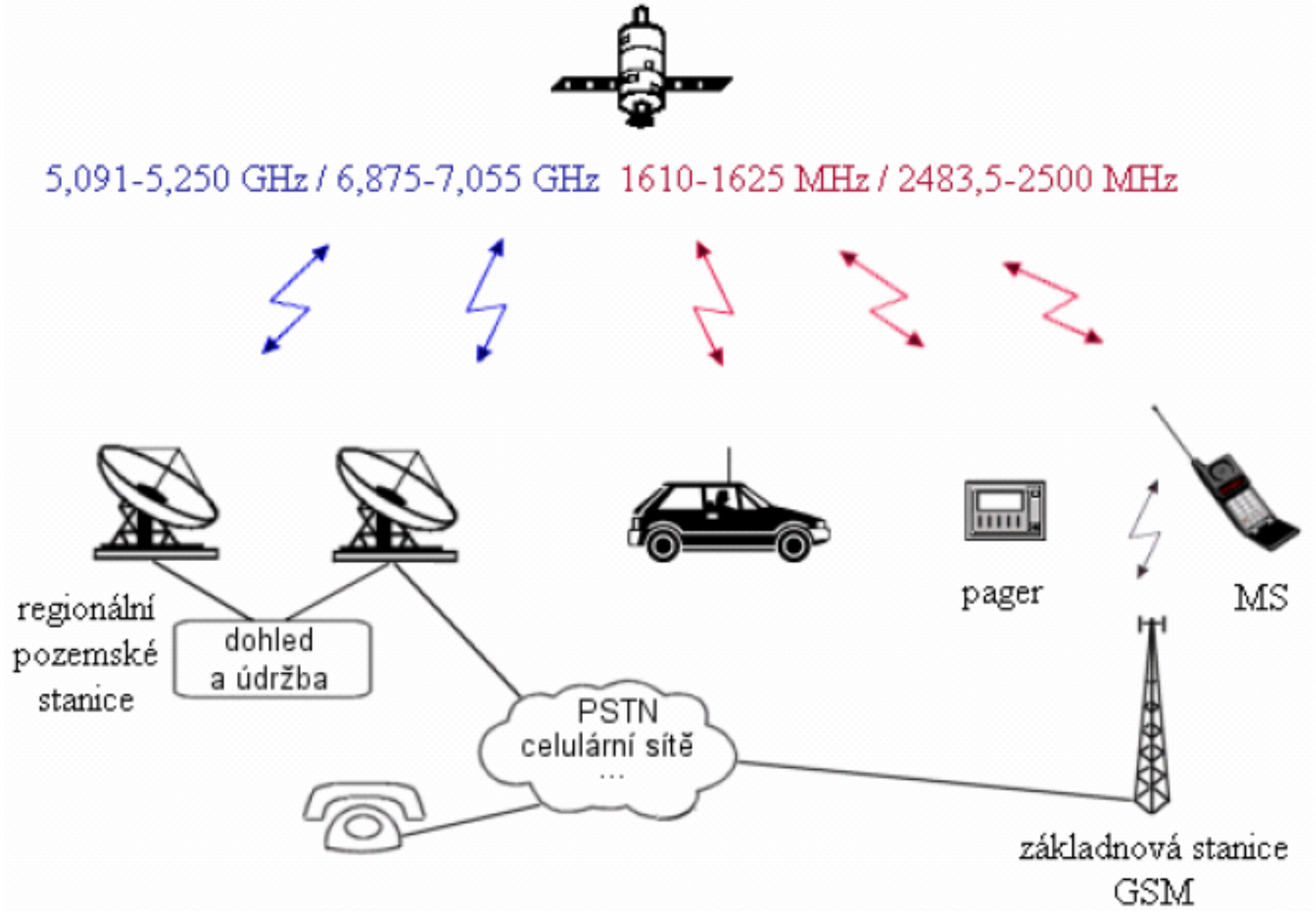
- **Mobilní stanice - z**ákladem je ruční stanice pro oba módy - IRIDIUM a celulární místní síť. V družicovém módu umožňuje plně duplexní digitální telefon s datovým tokem 2,4 kbps. Data a faksimile jsou přenášeny modulační rychlostí 2,4 kbaud s modulací QPSK a přístupem FD/TDMA. Aparát má pro tyto účely standardní rozhraní RS232. Požadovaný odstup C/N je 16 dB. Nabízen je též miniaturní 'pager'.

GLOBALSTAR

Je konkurenční systém s velmi podobnými cíli, v jehož čele stála firma QUALCOMM s řadou evropských partnerů. V kosmickém segmentu pracuje celkem 56 družic, z toho 48 operačních a 8 záložních (v září 1998 konsorcium Globalstar utrpělo značnou ztrátu, když 12 družic ztratilo při havárii rakety Zenit 2). Základním rozdílem je absence vzájemného propojení družic. Vícenásobný přístup je zajišťován technikou FD/CDMA.

- **Družice –** jsou polohově stabilizovány s řízením ve třech osách. Hmotnost je asi 450 kg. Solární panely s automatickým natáčením ke slunci poskytují příkon 1,1 kW. Družice jsou po šesti (s jednou náhradní) umístěny v osmi orbitálních rovinách. Dráhy družic budou kruhové s výškou 1410 km a sklonem 52^{o}. Pokrytí zemského povrchu je proto pouze do zeměpisných šířek □ 70^{o}. Plánovaná životnost družic je 10 let. Mobilní terminály mají uplink k družici v pásmu L (1610,0 - 1626,5 MHz) a downlink v pásmu S (2483,5 - 2500,0 MHz) s přístupem FD/CDMA. Uplink (5091 - 5250 MHz) i downlink (6875 - 7055 MHz) pro stykové pozemní stanice je v pásmu C.

GLOBALSTAR

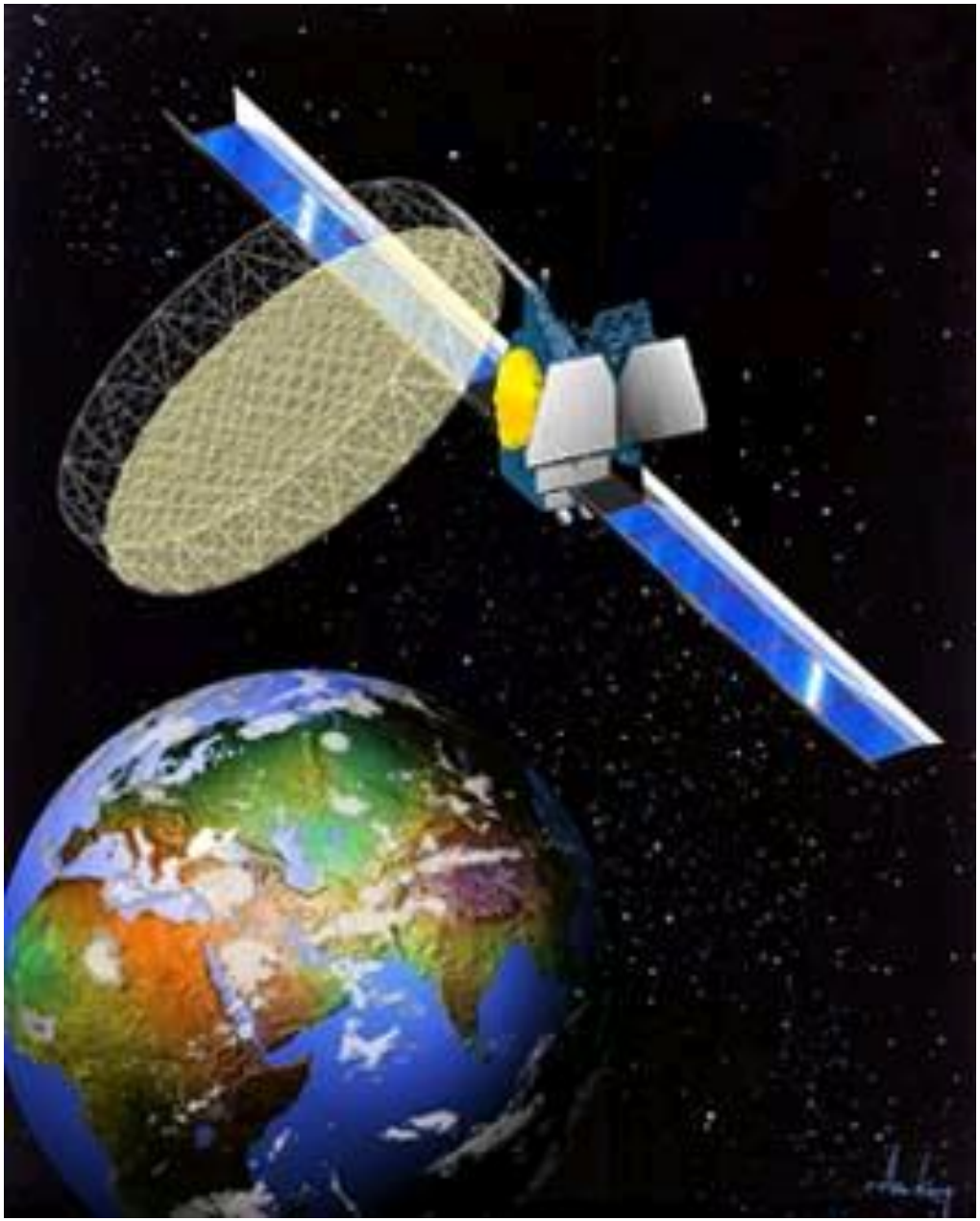

5,091-5,250 GHz / 6,875-7,055 GHz
1610-1625 MHz / 2483,5-2500 MHz
regionální pozemské stanice
dohled a údržba
PSTN celulární sítě ...
pager
MS
základnová stanice GSM

- **Stykové stanice** – GLOBALSTAR má asi dvě desítky stykových stanic (Gateways), které řídí kosmický segment sítě, zprostředkují spojení se sítěmi PSTN/PLMN a počítají tarify účastníkům.

- **Mobilní stanice** - uživatelský terminál je pro dva módy - GLOBALSTAR/GSM (v Evropě), nebo pro tři módy GLOBALSTAR/IS-95/AMPS (v USA).

THURAYA

Tento systém, provozovaný ve Spojených Arabských Emirátech, dokazuje, že i pro uživatelský terminál typu hand-held může být kosmický segment tvořen družicemi na geostacionární dráze. Je to umožněno extrémně velkou aperturou antény pro pásmo L a vyřešení z toho vyplývajících souvislostí, především zvládnutí technologií Spot Beams a Bandwidth on Demand.



Družice THURAYA

Φ antény 12 m

Hlasové služby GSM

Fax/Data 2.4, 4.8
a 9.6 kbps

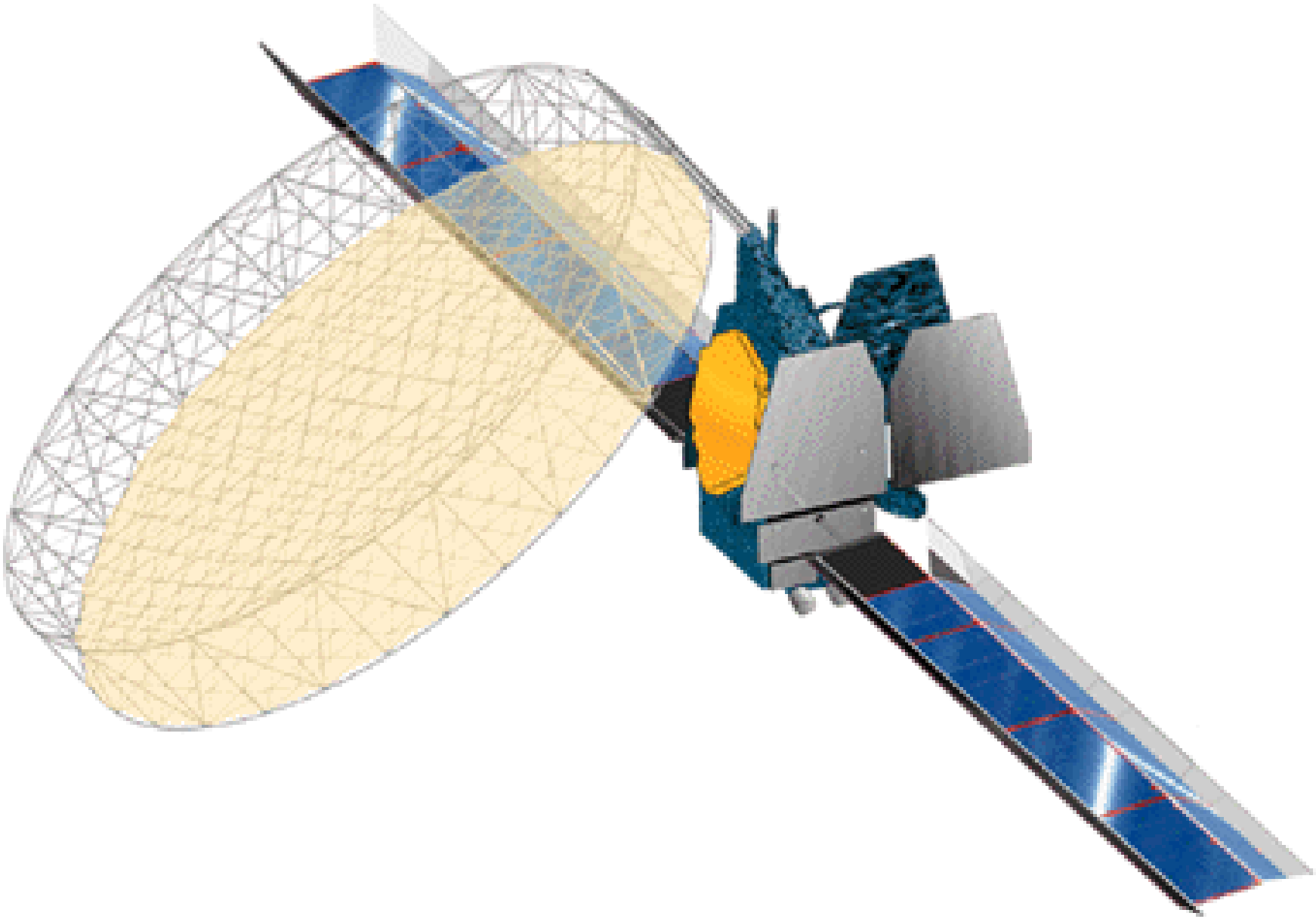
GPS lokalizace

Standard GSM
Phase 2

- **Kosmický segment** – se skládá ze dvou družic na geosynchronní dráze (s inklinací 6,3°), umístěných na 44° E a 28,5° E. Družice se startovní hmotností 5 250 kg a životností 12 let, nesou anténu s průměrem apertury 12,25 m pro pásmo L, umožňující formovat až 250 úzkých svazků pro celkem 13 750 duplexních uživatelských kanálů. Jednotlivé kanály FDMA s osmi násobným multiplexem mají šířku 27,7 kHz a při modulaci π/4 QPSK je přenosová rychlost 46,8 kbps. Spojení jsou typu mobilní stanice – gateway, nebo mobilní – mobilní stanice.

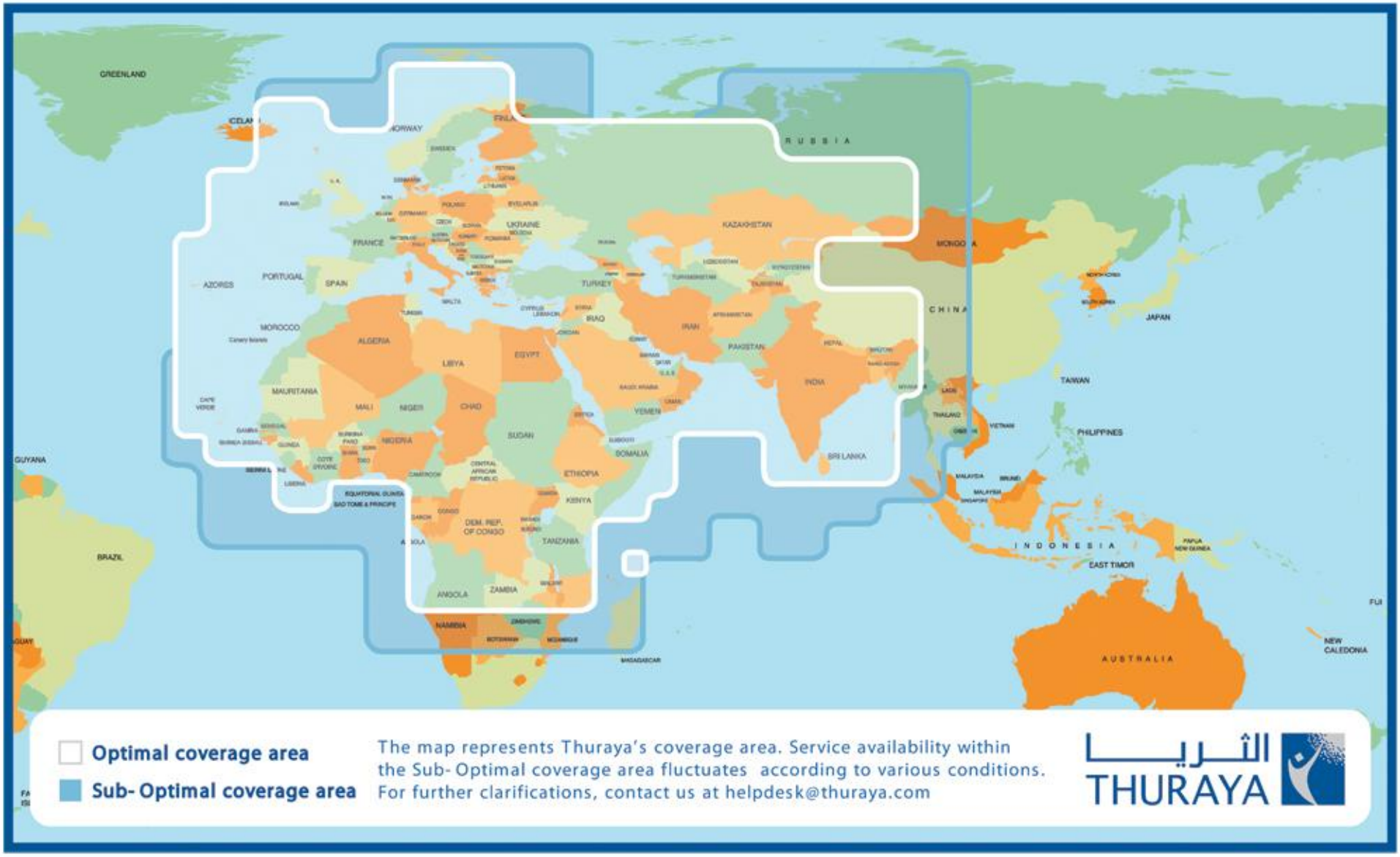
Frekvence pro uplink mobilní stanice jsou 1626,5 – 1660,5 MHz a pro downlink 1525,0 – 1559,0 MHz. Se stanicí gateway komunikuje družice v pásmu C (6425,0 – 6725,0 MHz uplink a 3400,0 – 3625,0 MHz downlink). Výkonný počítač na palubě družice řídí kromě komunikačních přepínačů také sofistikované zpracování signálů a fázování anténního pole do svazků podle okamžité potřeby.

THURAYA



- **pozemní segment –** zahrnuje primární bránu a regionální brány. Primární brána je umístěna v Sharjah (UAE) a zodpovídá za funkčnost celé sítě. Primární brána také zahrnuje řízení družic. Jednotlivé regionální brány jsou budovány v různých zemích podle potřeby. Jsou navrhnuty tak, aby zahrnovali rozhraní pro komunikaci s jinými bránami systému Thuraya a pro komunikaci se sítěmi PSTN.

- **uživatelský segment** – pozemní uživatelské terminály typu hand-held, které v duálním módu obsahují rozhraní pro komunikaci se satelitními i pozemními systémy (GSM). Základní služby v obou módech tedy jsou hlasová komunikace, datová komunikace a faksimile 9,6 kbps. Se systémem GSM mají uživatelské terminály společnou SIM kartu. Systém Thuraya dále poskytuje možnost nepřetržitého připojení k internetu po “celém světě” prostřednictvím služby GmPRS (Geo Mobile Radio Service). Nabízí také vysokorychlostní datové připojení prostřednictvím ThurayaDSL. Thuraya nabízí mobilní, dopravní a pevné terminály a kromě hlasových, faxových a datových umožňuje roaming, SMS a také lokační služby (GPS).



Optimal coverage area

Sub- Optimal coverage area

The map represents Thuraya's coverage area. Service availability within the Sub- Optimal coverage area fluctuates according to various conditions. For further clarifications, contact us at helpdesk@thuraya.com

الثريا
THURAYA

Budoucnost (?)

Kromě výše uvedených systémů je třeba zmínit i další. Z hlediska družicové konstelace byl zajímavý systém ICO, jehož kosmický segment tvořilo 10+2 družic uspořádaných do dvou orbitálních rovin skloněných vůči rovníku o 45°. Dráhy jsou typu MEO (Middle Earth Orbit) s výškou 10350 km. Doba oběhu družice je přibližně šest hodin a každá družice je vidět ve většině míst na Zemi dvakrát denně po dobu jedné až dvou hodin. Pro dosažení nepřerušené komunikace je nezbytné předávání mezi družicemi popř. bodovými svazky družice, podobně jako v systémech s družicemi LEO.

Komunikace družic s pozemskými stanicemi probíhá v kmitočtovém pásmu 5 GHz / 6GHz, s mobilními uživatelskými stanicemi v pásmu 1980 – 2010 MHz / 2170 – 2200 MHz, použita je technologie CDMA. Tyto družice byly nabízeny před časem i INMARSATem (jako služba označovaná INMARSAT-P, v součinnosti s družicemi I-3 a s pokrytím i polárních oblastí). V současnosti jsou družice ICO G1, plánované k vypuštění koncem letošního a začátkem příštího roku, již geostacionární.

UMTS – Universal Mobile Telecommunication System rovněž počítá s integrovaným kosmickým segmentem. Je to systém mobilních komunikací třetí generace (3G) a je koncipován jako nástupce GSM. UMTS používá pro přístup W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) a je standardizován organizací 3GPP. Mnohonásobný přístup pomocí W-CDMA u UMTS může být dále kombinován s TDMA a FDMA. UMTS je rozděleno na pozemní část a družicovou část:
T-UMTS (Terrestrial UMTS) a S-UMTS (Satellite UMTS). Družicové párové kmitočty jsou v pásmech 1980 – 2010 MHz a 2170 – 2200 MHz.

Družicová část umožňuje vytvoření sítě, která poskytne přístup k celosvětové multimediální bezdrátové síti. Standard pro družicovou část (S-UMTS) specifikuje Evropský telekomunikační institut tak, aby vyhovoval požadavkům ITU IMT-2000 pro mobilní buňkové sítě třetí generace.