

Družicové spoje a jejich aplikace v bezpečnostních systémech

Satellite communication and their application in security systems

Bc. Karel Turoň

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Karel TURONĚ**
Osobní číslo: **A08545**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Družicové spoje a jejich aplikace v bezpečnostních systémech**

Zásady pro vypracování:

1. Popište strukturu telekomunikačních spojů využívajících komerční družice.
2. Popište strukturu signálů a kódování.
3. Popište současné bezpečnostní aplikace využívající družicové spoje.
4. Pokuste se analyzovat stávající systémy a najít jejich slabá místa.
5. Zohledněte problematiku EMC ve výše uvedených systémech.
6. Sestavte modelový systém z komerčně dostupných uzlů a proveďte jeho technické a ekonomické zhodnocení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Jandoš, Jaroslav: **Komunikační systémy a služby**. Praha 1995, ISBN 80-7079-282-5.
2. Corazza, Giovanni E.: **Digital satellite communications**. New York: Sprinter 2007, ISBN 978-0-387-2563-4.
3. Hrdina, Z., Pánek, P., Vejražka, F.: **Rádiové určování polohy. (Družicový systém GPS)**. Vysokoškolské skriptum, ČVUT Praha, 1996. 267 stran.
4. Nawrocki, Waldemar: **Measurement systems and sensors**. Artech House, Inc. 2005, ISBN 1-58053-945-9.
5. Minoli, Daniel: **Telecommunications technology handbook**. Artech House, Inc. 1991, ISBN 0-89006-425-3.

Vedoucí diplomové práce:

doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

19. února 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

7. června 2010

Ve Zlíně dne 19. února 2010


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato diplomová práce stručně popisuje strukturu a možnosti současných telekomunikačních spojů využívajících komerční družicové systémy. Současně analyzuje stávající systémy, nabízené služby a vybrané bezpečnostní aplikace, které využívají družicových spojů. Popisuje návrh modelového systému z komerčně dostupných uzlů po technické a ekonomické stránce.

Klíčová slova: LEO, MEO, GEO, přenos dat, družicové komunikační systémy, Cospas-Sarsat, GPS, GLONASS, EGNOS, Galileo.

ABSTRACT

This thesis briefly describes the structure and possibilities of current telecommunications services with using commercial satellite systems. Simultaneously analyze existing systems, services and security applications that use satellite links. Describes the model of system from commercially available units and his technical and economic features.

Keywords: LEO, MEO, GEO, data transmission, satellite communication systems, Cospas-Sarsat, GPS, GLONASS, EGNOS, Galileo.

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Vojtěchovi Křesálkovi, CSc. za odborné vedení, za jeho náměty i připomínky. Děkuji též rodičům za poskytnutou materiální a psychickou podporu.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OBECNĚ O DRUŽICOVÝCH SPOJÍCH	12
1.1 FREKVENČNÍ PÁSMA DRUŽICOVÝCH SPOJŮ	12
1.2 EFEKTY OVLIVŇUJÍCÍ SPOJENÍ MEZI ZEMÍ A DRUŽICÍ.....	13
1.3 OBĚŽNÉ DRÁHY.....	14
1.3.1 GEO.....	15
1.3.2 MEO	16
1.3.3 LEO.....	16
1.4 SOUČASNÝ POČET DRUŽIC OBÍHAJÍCÍCH KOLEM ZEMĚ	16
1.5 TECHNOLOGIE PRO PŘENOS DAT.....	18
1.5.1 SCPC.....	18
1.5.2 FDMA	18
1.5.3 TDMA.....	19
1.5.4 CDMA	19
1.5.5 TCP/IP přes satelit	20
1.5.6 DVB-RCS	21
1.5.7 DVB-S2.....	22
1.6 BEZPEČNOST DRUŽICOVÉ KOMUNIKACE.....	23
1.6.1 IPSec.....	23
2 DRUŽICOVÉ KOMUNIKAČNÍ SYSTÉMY PRO MOBILNÍ KOMUNIKACI.....	25
2.1 INMARSAT.....	25
2.2 IRIDIUM	28
2.3 GLOBALSTAR	30
2.4 THURAYA.....	32
2.5 ORBCOMM.....	33
2.6 VSAT.....	36
3 APLIKACE VYUŽÍVAJÍCÍ KOMERČNÍ DRUŽICOVÉ SYSTÉMY.....	38
3.1 COSPAS-SARSAT	38
4 DRUŽICOVÉ POLOHOVACÍ A NAVIGAČNÍ SYSTÉMY.....	43
4.1 NAVSTAR GPS.....	43
4.1.1 Technický popis systému.....	43
4.2 GLONASS	45
4.2.1 Technický popis systému.....	45
4.3 EGNOS.....	46
4.3.1 Technický popis systému.....	47
4.4 GALILEO	52
4.4.1 Technický popis systému.....	53

5	EMC PROBLEMATIKA.....	55
5.1	EMC V AUTOMOBILOVÉ TECHNICE	55
5.1.1	Normy a testy EMC pro automobilový průmysl.....	56
5.2	NORMALIZACE A STANDARDIZACE V OBLASTI EMC	56
5.2.1	Směrnice Rady Evropské unie č. 2004/108/EC	57
II	PRAKTICKÁ ČÁST	58
6	MODELOVÝ SYSTÉM VYUŽÍVAJÍCÍ DRUŽICOVÝCH SPOJŮ.....	59
6.1	MOBILNÍ ŘEŠENÍ.....	59
6.1.1	Terminál Hughes 9201.....	60
6.1.1.1	Technické specifikace.....	61
6.1.1.2	Ekonomické zhodnocení.....	62
6.2	STACIONÁRNÍ ŘEŠENÍ	66
6.2.1	Iridium 9602 SBD transceiver.....	66
6.2.1.1	Technické specifikace.....	68
6.2.2	Externí anténa AT1621-73D.....	69
6.2.2.1	Technické specifikace.....	69
6.2.3	Speciální koaxiální kabel	70
6.2.3.1	Technické specifikace.....	70
6.2.3.2	Ekonomické zhodnocení.....	72
	ZÁVĚR	74
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	75
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	76
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	84
	SEZNAM TABULEK	85

ÚVOD

Komunikační systémy, jež využívají družicových, spojů jsou s námi už řadu let. Za otce družicové komunikace je považován vědec a spisovatel Artur C. Clarke. Ten v roce 1945 publikoval v odborném časopise *Wireless World* článek, v němž detailně popsal myšlenku vytvoření umělých družic, které by sloužily pro telekomunikační účely.

První telekomunikační družice byla vypuštěna 4. října 1957 Sovětským svazem a jmenovala se Sputnik. Tato družice byla navržena jako pasivní a pouze odrážela signály vyslané z jednoho místa na Zemi k druhému. Další vývoj umělých družic Země se postupem času přiklonil k aktivním družicím, které již vyslaný signál ze Země dokázaly přijat zpracovat a zesílený odeslat zpět k Zemi. Takto realizovaný první družicový spoj byl realizován mezi Francií a Spojenými státy již v roce 1965.

V počátcích datové komunikace hrály družicové spoje nezastupitelnou roli, ale postupem času se ukázalo, že přenosové kapacity těchto spojů nemůžou stačit současným požadavkům vysokorychlostních přenosů dat. Globální propojení světa je převážně zajišťováno podmořskými a transkontinentálními podzemními kabely ze skleněných vláken. Tyto optické spoje dosahují obrovských přenosových kapacit a nízké chybovosti. Současně u nich odpadá časová prodleva v komunikaci na velké vzdálenosti, jako je tomu u družicových spojů.

Družicové komunikační systémy patří k velmi perspektivním a očekává se v této oblasti i nadále obrovský rozvoj. Jsou využívány k propojování úseků globálních sítí, při vytváření privátních sítí, pro multimediální vysílání, pro meteorologii, globální navigaci a jsou uplatňovány v mnoha různorodých odvětvích každodenního života. Hrají velice významnou roli v zajištění kontinuálního provozu podniků a krizového plánování v případě živelných pohrom a katastrof, kdy není možné použít běžné terestriální sítě a je nezbytné co nejrychleji zřídit komunikační základnu pro jakoukoli lokaci. Protože dostat tu správnou informaci ve správný čas na správné místo je základním požadavkem pro úspěšné fungování jakýchkoli pohotovostních složek, ať jde o policii, záchranáře, hasiče, zdravotníky, ale i územní samosprávu během tzv. mimořádných stavů.

Nejrychleji se rozvíjející částí trhu s komunikacemi prostřednictvím družic je poskytování mobilních družicových služeb pro satelitní sledování a posílání zpráv s malým datovým objemem. Takováto stimulace trhu je zapříčiněna především zaváděním obousměrných

spojení. Toho začíná využívat stále více uživatelů nespokojených s jednosměrným spojením, u kterého není žádné potvrzení o doručení zprávy.

Nemohu opomenout ani satelitní internet, který se stává stále dostupnější i běžným uživatelům. Není to služba zrovna levná, ale nabízí nesporné výhody, za které si stojí za to připlatit. A s přibývajícím počtem poskytovatelů satelitního internetu se bude i cena stávat dostupnější masám.

V současnosti nejrozšířenějšími družicovými systémy, které se po všech stránkách rychle rozvíjejí a zaznamenaly významný nárůst v globálním měřítku především v posledním desetiletí, jsou globální navigační družicové systémy. Ty se oproti komunikačním systémům stávají stále cennější komoditou a nasazení evropského systému Galileo, který doplní americký GPS a ruský GLONASS, je velice očekávané. Hlavní výhodou tohoto nového systému oproti stávajícím je, že je civilní. Kdežto stávající armádní systémy by mohli být v případě konfliktu znepřístupněny nebo jimi poskytované informace zkresleny a to by mohlo znamenat velké problémy ve všech aplikacích, které tyto současné systémy využívají v silniční, železniční, námořní, letecké dopravě, v zemědělství, energetice, životním prostředí či civilní ochraně. A to by mohlo mít za následek nejen obrovské škody na majetku či ušlém zisku, ale především by mohlo dojít k ohrožení spousty lidských životů.

Nejznámějšími družicovými systémy jsou Inmarsat, Iridium, Globalstar, Thuraya, Intelsat, Eutelsat, SES ASTRA, GPS, GLONASS, atd.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNĚ O DRUŽICOVÝCH SPOJÍCH

Architektury družicových spojů:

- jednosměrné (distribuční) – komunikace pouze směrem k uživateli (downlink),
- hybridní – zpětný kanál (uplink) řešený pozemní, nikoli satelitní cestou,
- obousměrné – dopředný (downlink) i zpětný kanál (uplink) je řešený satelitní cestou.

1.1 Frekvenční pásma družicových spojů

Přehled používaných frekvenčních pásem je uveden v tabulce 1 spolu s nejběžnějším možným využitím. Je nutné poznamenat, že mimo tento přehled ještě existují takzvaná NATO pásma, která z bezpečnostních důvodů využívají zcela jiné kmitočty.

Tab. 1 Přehled používaných kmitočtů.

Pásmo rádiových vln	Typické užití
L: 1,5 - 1,6 GHz	radionavigace, satelitní telefony
S: 1,8 - 2,5 GHz	satelitní telefonní a meteorologické služby pro letecké, pozemní a námořní aplikace
C: 4 - 6 GHz	pevné telefonní a radiové vysílání
X: 7 - 8 GHz	šifrovaná vládní a armádní komunikace
Ku: 10 - 17 GHz	vysokorychlostní komunikace (televizní vysílání, multimedia, atd.)
Ka: 18 - 31 GHz	vysokorychlostní civilní komunikace, VSAT
EHF: 20 - 40 GHz	armádní komunikace
V: 60 GHz	komunikace mezi družicemi

Družicová komunikace je jednoduchá na instalaci pozemních terminálů (z hlediska rozšiřitelnosti), a navíc tím, že obchází pozemní síť, umožňuje vstup nových provozovatelů. Využívání stávajících kmitočtů v pásmu Ku (10 - 17 GHz) udržuje náklady na koncová zařízení relativně nízko, ale prostor pro působení provozovatelů je relativně limitován. Vesmírné zdroje lze principiálně zvýšit dvěma způsoby: využít jiné oběžné dráhy, nebo kmitočty v pásmu Ka (18 – 31 GHz). Vysoké kmitočty jsou nevhodné pro pozemní bezdrátovou komunikaci, protože signál může být snadno blokován povrchovými pevnými překážkami, které naproti tomu satelitní komunikaci nevadí. [6]

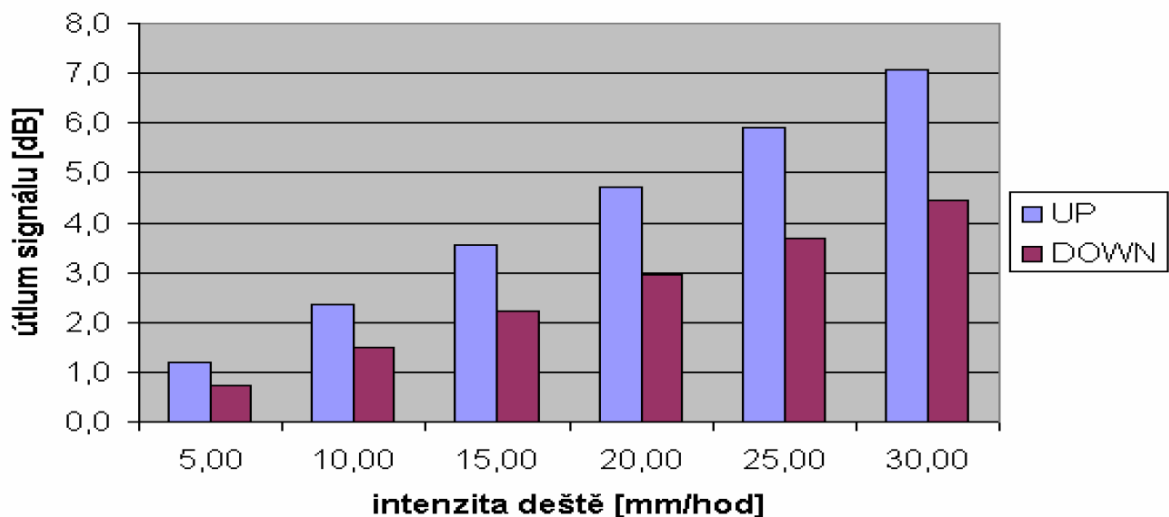
1.2 Efekty ovlivňující spojení mezi zemí a družicí

Jedná se o faktory, které nejsou ovlivněny mobilním (lokálním) prostředím a uplatňují se tudíž i v pevných družicových službách. [8]

- **Šum antény:** Antény družic jsou až na výjimky směrové (všesměrové jsou opodstatněné pouze u nestabilizovaných družic), obvykle s kuželovým svazkem vyzařování tak, aby byla pokryta signálem část povrchu Země, odpovídající její výšce. Šumová teplota antény družice je potom dána jasovou teplotou Země, která je menší nad oceánem (150 K) a větší nad pevninou (290 K).
- **Zpoždění signálů:** Šikmá vzdálenost mobilní stanice k družici a od družice k pevné stanici způsobuje dopravní zpoždění. V případě GEO je celkové zpoždění asi 270ms. Toto zpoždění může být problematické pro přenosy s obvyklým terestriálními protokoly. Systémy LEO mají menší zpoždění srovnatelné s pozemními sítěmi při velkých vzdálenostech koncových stanic.
- **Ztráty šířením a jejich změny:** V případě satelitů na dráze LEO s výškou 1000 km se mohou měnit ztráty šířením až 10 dB mezi subsatelitním bodem (elevace 90°) a bodem s elevací 10°. Pro MEO a GEO jsou tyto rozdíly 3 dB, respektive 1 dB (na frekvenci 1,6 GHz). Omezení minimálního elevačního úhlu dovoluje redukovat energetickou rezervu spoje, za cenu menšího pokrytí jednou družicí. Největší ztráty šířením jsou u systémů GEO, ale změny v pokrytém území jsou nejmenší. Při porovnání vzdálenosti k družici GEO (40 000 km) a LEO (1000 km) dojdeme k rozdílu ztrát šířením 32 dB.
- **Dopplerův posuv způsobený pohybem družice:** Systémy LEO a v menší míře MEO se vyznačují značným Dopplerovým posuvem frekvencí způsobeným velkým relativním pohybem družice vůči zemskému povrchu. Typický Dopplerův posuv v pásmu L pro družice na polární dráze LEO je ± 35 KHz.
- **Atmosférická absorpce:** Na nízkých frekvencích pod 10 GHz je atmosférický útlum velmi nízký a většinou zanedbatelný. Na vyšších frekvencích však roste a je třeba s tím počítat, zvláště při nízké elevaci kdy je cesta signálu atmosférou dlouhá.
- **Vliv hydrometeorů:** Hydrometeory zvyšují ztráty, které jsou opět větší při kratších vlnových délkách a nízkých elevačních úhlech. Pravděpodobnost a intenzita dešťů je ovšem velmi rozdílná v různých geografických oblastech, což je opět třeba brát

v úvahu. Vzrůst těchto ztrát na frekvencích pod 2 GHz je nevýznamný a lze jej kompenzovat minimální energetickou rezervou spoje. Avšak v pásmech 20/30 GHz mohou být ztráty vlivem deště velmi významné a ve svém důsledku omazují minimální použitelný elevační úhel. Vzrůst ztrát na těchto kmitočtech při nízké elevaci může dosáhnout až desítky decibelů. [8]

Závislosti útlumu signálu při frekvenci 14,25 GHz (uplink) a 11 GHz (downlink) na intenzitě srážek. Graf je založen na dráze paprsku v dešti odpovídající elevaci 30° a výšce nulové izotermy 3000 m, při nadmořské výšce stanice 300 m.n.m. To do jisté míry odpovídá letním bouřkám. V jiném období totiž bude horní hladina deště níže a dráha paprsku, resp. útlum signálu bude při stejné intenzitě deště nižší. [23]

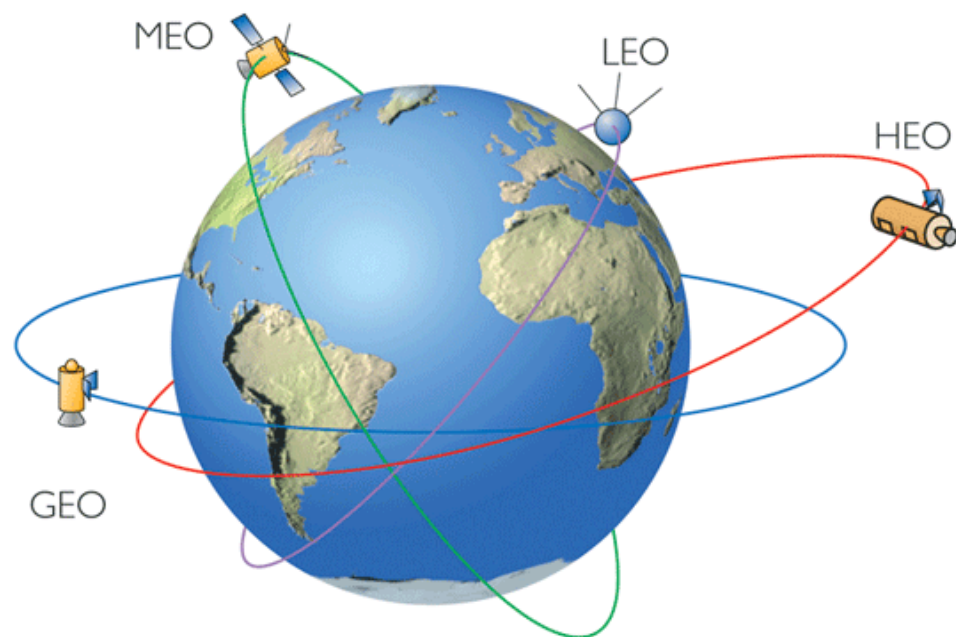


Obr. 1 Útlum signálu za deště.[23]

1.3 Oběžné dráhy

V podstatě rozlišujeme čtyři základní typy drah pro komunikační družice:

1. **LEO** – nízká kruhová dráha. Pohybuje se ve výškách mezi 200 - 1200 km nad zemským povrchem. Doba oběhu je 80 – 130 minut a zpoždění signálu asi 5 ms.
2. **MEO** – střední kruhová dráha. Pohybuje se ve výškách mezi 1200 – 35286 km nad zemským povrchem. Doba oběhu je 4-6 krát za den a zpoždění signálu je asi 10 ms.
3. **HEO** – vysoká eliptická dráha. Apogeum \approx 50000 km a perigeum \approx 500 km. Doba oběhu asi 2 - 12 hodin.
4. **GEO** – geostacionární dráha. Nachází se ve výšce 35786 km nad rovníkem a doba zpoždění signálu je asi 260 ms.



Obr. 2 Tvary a rozměry oběžných drah.

1.3.1 GEO

Výhody:

- Zdánlivě neměnná poloha satelitu dovoluje užití směrových antén na bázi jednoduše stabilizovaných platform (zvláště na lodích a letadlech, u aut je to problém).
- Dopplerův posuv frekvence je téměř nulový a nevyžaduje frekvenční kompenzaci, umožňuje dokonalé využití spektra bez nutnosti ochranných úseků pásem mezi kanály.
- Velmi velké území pokryté signálem (přibližně 45% celkového povrchu Země pro elevaci 0° a 40% povrchu pro elevaci 10°). Většinu zemského povrchu lze pokrýt třemi družicemi.[8]

Nevýhody:

- Nutnost použití velkých EIRP na satelitu i pozemním terminálu kvůli velkým vzdálenostem a tedy i ztrátám šířením.
- Velké dopravní zpoždění způsobené velkou vzdáleností.

1.3.2 MEO

Výhody:

- a) Velké pokrytí signálem (asi 80% GEO pro 0° elevace).
- b) Menší EIRP na obou stranách (ve srovnání s GEO).
- c) Menší dopravní zpoždění, dovoluje větší flexibilitu systému.
- d) Snadnější pokrytí většiny zemského povrchu více satelity než u systémů LEO.
- e) Méně náročná realizace spojení mezi satelity (tzv. interlink) oproti systémům LEO.

Nevýhody:

- a) Významný Dopplerův posuv frekvencí signálů (přibližně ± 6 ppm), daný větším relativním pohybem družice.
- b) Je potřeba více družic pro globální pokrytí ve srovnání se systémy GEO.

1.3.3 LEO

Výhody:

- a) Nejmenší ztráty šířením a tedy i nejmenší nutné EIRP na straně satelitu i pozemního terminálu.
- b) Díky menší výšce družice krátké dopravní zpoždění signálů. Hodnoty zpoždění jsou srovnatelné s terestrickými sítěmi při velkých vzdálenostech terminálů.

Nevýhody:

- a) Velký Dopplerův posuv frekvencí signálů (až ± 25 ppm), způsobený velkou relativní rychlostí mezi družicí a pozorovatelem.
- b) Malé pokryté území (přibližně 30% ve srovnání s GEO pro 0° elevace).
- c) Velká pravděpodobnost nutnosti předat přenos další družici, protože ta je nad obzorem pouze několik minut.

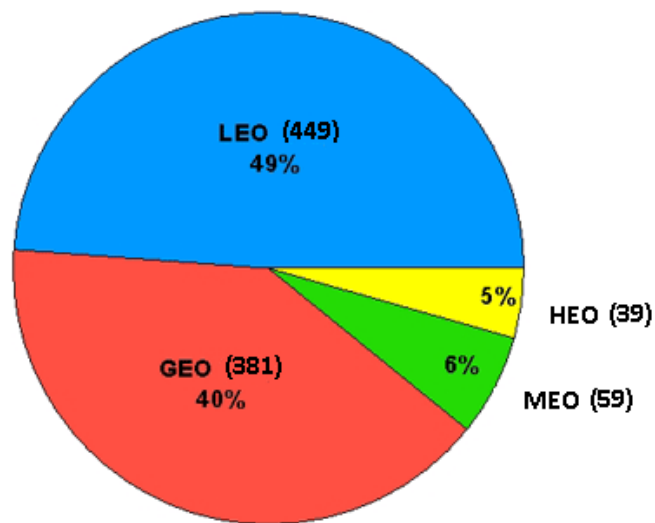
1.4 Současný počet družic obíhajících kolem Země

Veškeré informace o aktivních družicích jsou volně dostupné v družicové databázi (UCS Satellite Database). Databáze obsahuje 24 typů dat pro každou družici. Technické informace (hmotnost, datum vypuštění, očekávaná životnost, ...), informace o oběžné dráze

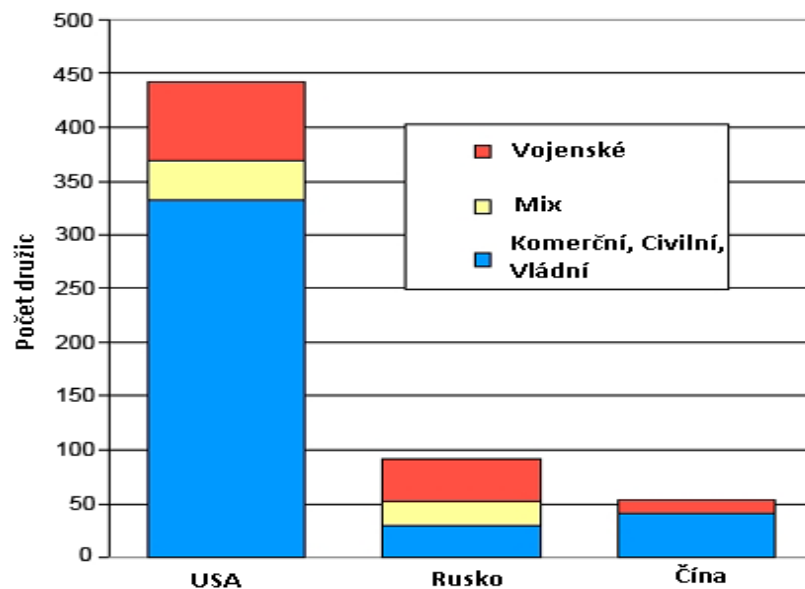
(výška, perioda, ...), stejně tak i k čemu se družice používá, kdo ji vlastní, provozuje a informace o výrobci.

Spojené státy americké, Rusko a Čína jsou tři země s největším počtem družic v úplném vlastnictví. Tyto tři země vlastní dvě třetiny všech aktivních družic. Na vlastnictví zbylé třetiny aktivních družic se podílejí ostatní země.

Podle UCS Satellite Database operuje k 1. 4. 2010 celkem 928 družic na oběžných drahách kolem Země (USA – 437, Rusko – 95, Čína – 58, Ostatní země - 338). [32]



Obr. 3 Rozdělení družic na oběžných drahách. [32]



Obr. 4 Odhady vesmírných prostředků k 4. 1. 2010. [32]

1.5 Technologie pro přenos dat

Pro sdílení kanálů při satelitní komunikaci se vyzkoušela řada technik přístupu k médiu, od náhodného přístupu po rezervaci. Hlavním problémem je dlouhá doba šíření signálu a omezené prostředky (napájení i šířka pásma). Náhodný přístup (např. ALOHA) je efektivní pouze do určité úrovně kolizí, jejichž počet se zvyšuje s rostoucí zátěží sítě. Proto se často používá přístup na základě požadavku (DAMA), kde každé spojení začíná fází zahájení (v délce trvání zhruba 540 ms) pro žádost/přidělení požadované kapacity ze strany terminálu. Následuje spojení s dostupnou kvalitou služby (QoS), kdy se rovněž efektivně využije šířka pásma. Pro dlouhou dobu zahájení a nevhodnost pro krátké shluky v rámci multimediální komunikace je výhodnost klasické DAMA nedostatečná. Proto se používají její variace a rezervační metody pro zlepšení její výkonnosti. [6]

1.5.1 SCPC

Jsou to spoje realizované mezi dvěma body a pro své specifické vlastnosti používány dodnes. Jedná se o komunikaci ve vyhrazeném pásmu s garantovanou přenosovou rychlostí. Nejde o síťové řešení se sdíleným kanálem. Tyto technologie jsou neustále zdokonalovány, zejména co se týče modulací, zabezpečení spoje a potřebné energie pro požadovanou úroveň bezchybnosti a dostupnosti přenosu.

Výhody:

- garantované přenosové parametry a konstantní zpoždění ve srovnání s ostatními systémy,
- bezpečnost a nezávislost,
- je možný provoz aplikací, které na sdílených kanálech “trpí časovým multiplexem” jako je např. VoIP nebo videoconferencence.

Nevýhody:

- garantované pásmo je podstatně dražší než sdílené.

Sdílí-li více pozemních stanic jeden transpondér, jsou možné následující tři základní způsoby jak je od sebe odlišit.

1.5.2 FDMA

Každé stanici je přidělena frekvence nosné vlny s dílčí šířkou pásma. Součet dílčích šířek pásem musí být menší než šířka pásma transpondéru.

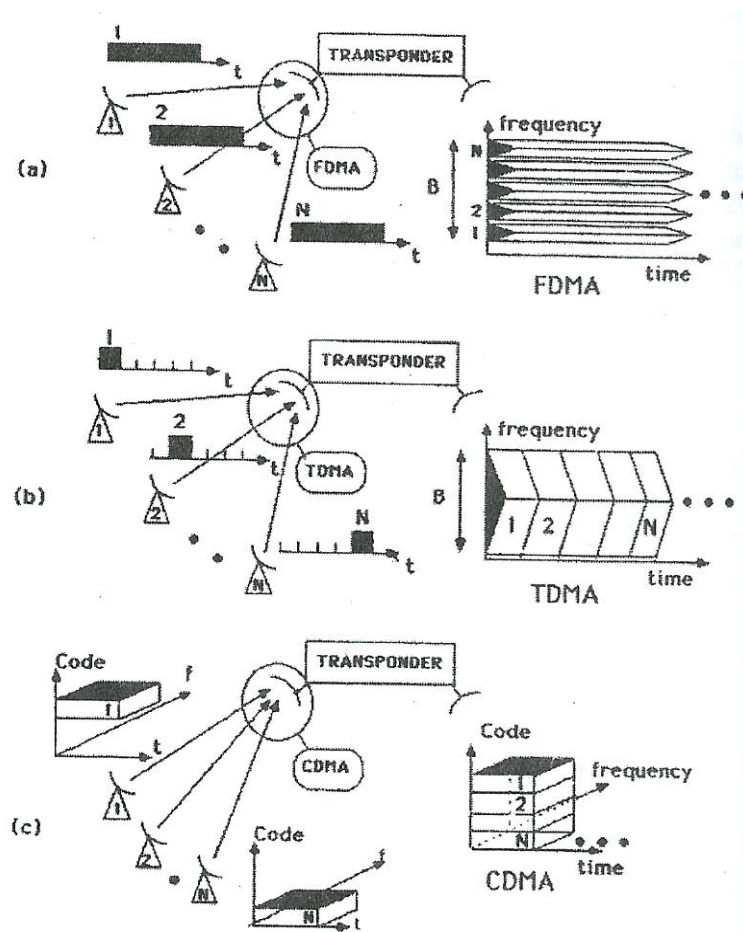
1.5.3 TDMA

Při tomto způsobu pracují všechny stanice na jedné nosné frekvenci s šířkou pásma až do šířky pásma transpondéru, ale v různých časových intervalech. Stanice mohou pracovat buď neustále – TDMA nebo jen na vyžádání kapacity.

- DAMA – kanál se uvolní aplikací po ukončení relace.
- PAMA – kanál typu DAMA je přidělen operátorem po určenou dobu.

1.5.4 CDMA

Tento způsob je založen na společném sdílení pásma transpondéru více stanicemi současně. Signál každé stanice je přitom frekvenčně rozšířen přidavnou modulací pseudonáhodnou sekvencí – kódem (systém s rozprostřeným spektrem). Nespornou výhodou tohoto způsobu je, že dané pásmo mohou sdílet systémy, které spolu nespolupracují. [8]



Obr. 5 Principy vícestranného přístupu k satelitnímu transpondéru a) FDMA, b) TDMA, c) CDMA. [8]

Většinou jsou používány různé kombinace těchto přístupů znázorněné na Obr. 4. Např. je-li pásmo transpondéru rozděleno na jednotlivé kanály, lze v některých aplikovat TDMA zatímco v jiných CDMA. Možná je ovšem i kombinace všech tří přístupových technik.

Systémy satelitního přístupu BSA musí spolupracovat s pozemními IP sítěmi a musí být slučitelné s technologiemi a protokoly na základě IP. Jak už bylo zmíněno, při komunikaci přes družici je třeba počítat s delším zpožděním, větší chybovostí, a také s asymetrickým návrhem z hlediska šířky pásma u většiny satelitních sítí. Z toho důvodu je pro družicové spoje potřeba zmírnit tyto nepříjemné dopady, a to buď přímo na spojové vrstvě, nebo koncové či s použitím mezilehlých zařízení. Na spojové vrstvě se jedná o uplatnění mechanismů detekce a opravy chyb a opětovného vysílání pro zmírnění dopadu ztrát paketů kvůli přenosovým chybám. [6]

1.5.5 TCP/IP přes satelit

Internetová komunita vypracovala řadu mechanismů, které jsou určeny pro úpravu a nastavení implementace TCP/IP po sítích s delší latencí a s výrazně asymetrickým rozdělením kapacit. Tyto vlastnosti omezují propustnost komunikace po spolehlivém transportním protokolu TCP. UDP nemá se satelitním přenosem žádné problémy, pouze ve výsledku existuje nevyhnutelné zpoždění provozu, které dosahuje koncově v obousměrném satelitním systému kolem 700 ms.

Specifika družicové komunikace nepříznivě ovlivňují řadu složek architektury TCP:

- mechanismy proti zahlcení sítě,
- potvrzování přijatých dat,
- omezení šířky okna (počtu vysílaných bytů před čekáním na potvrzení).

Všechna tato omezení výrazně ovlivňují datový tok (přenosovou datovou rychlost) dostupnou prostřednictvím družicových spojů.

Mechanismy pro efektivní přenos TCP přes družicové spoje se týkají hlavně zmírnění dopadu pomalého startu, komprese záhlaví TCP segmentů a využívání více TCP spojení. Některé doporučené úpravy TCP jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2 Přehled úprav TCP pro bezdrátovou komunikaci. [6]

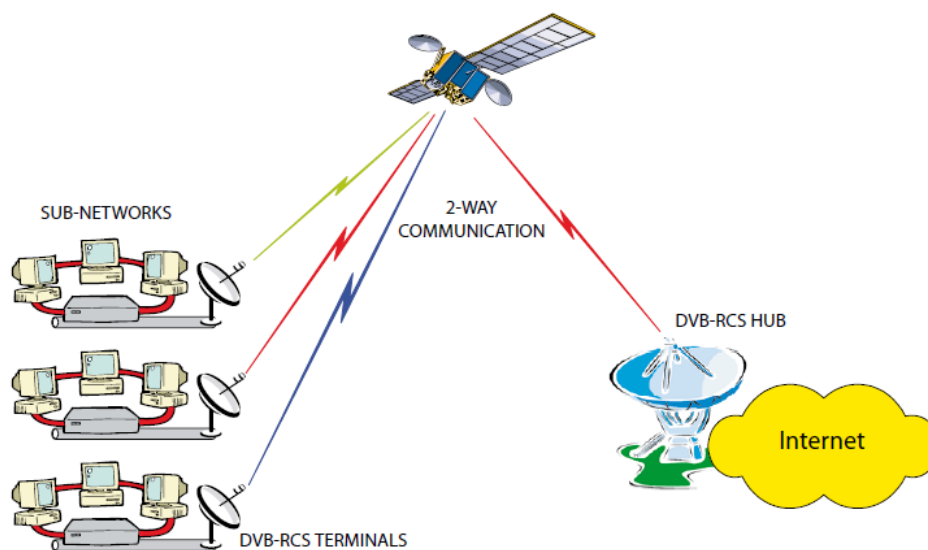
technika	funkčnost a dopad	reference
rozšíření velikosti okna TCP	rozšiřuje velikost vyrovnávací paměti u vysílající i přijímající stanice, čímž se zvětšuje objem dat, která lze vyslat	RFC 793, RFC 1323
selektivní potvrzování (SACK)	bez čekání na potvrzení (ACK) požadavek na selektivní opětovné vysílání pouze ztracených segmentů (SACK), nikoli na opětovné vyslání všech (i přijatých) segmentů od ztraceného segmentu včetně	RFC 2018, RFC 3517
rozšíření počáteční velikosti okna	zvyšuje počet segmentů, které lze vyslat na samotném počátku komunikace, po navázání spojení: omezení dopadu pomalého startu (slow start)	RFC 2581, RFC 3390
rozšíření maximální velikosti přenášené jednotky (MTU)	zvyšuje objem dat (počet bytů), která lze přenést v rámci jednoho paketu: redukuje dopad režije způsobené záhlavím TCP segmentů a technikou pomalého startu	RFC 793

1.5.6 DVB-RCS

DVB-RCS (Digital Video Broadcast-Return Channel via Satellite) je technický standard, který definuje obousměrný přenos dat v systémech VSAT. Tento způsob připojení nabízí uživatelům ekvivalent ADSL nebo kabelového připojení přes satelit. Je součástí evropské normy ETSI, EN 301 790.

Příjem i vysílání signálů, se odehrává přes stejnou anténu a v obou směrech je implementován adaptivní přenos pro snadnější překonávání případného nepříznivého počasí. Pro vysílání se používá kanál v režimu MF-TDMA a umožňuje tak efektivní využití přenosového pásma. DVB-RCS nabízí asymetrickou širokopásmovou komunikaci (příjem až 20 Mbit/s, vysílání až 5 Mbit/s) Plná podpora celé řady protokolů a služeb rodiny TCP/IP nabízí možnosti jako běžné terestriální připojení. Pro příjem je sdílen mezi

terminály vysoce efektivní standard DVB-S2 (EN 302 307) nebo široce rozšířený standard DVB-S (EN 300 421).



Obr. 6 Schéma DVB-RCS. [33]

1.5.7 DVB-S2

DVB-S2 je druhou generací satelitního přenosového systému vyvíjeného v projektu DVB, který navazuje na velmi rozšířený standard DVB-S. Využívá poslední techniky modulování a kódování k dosažení požadované výkonnosti.

Originální systém DVB-S, na kterém je DVB-S2 založen, specifikuje použití modulace QPSK společně s mnoha nástroji pro kódování kanálu a korekci chyb. Další doplňky byly vyvinuty se vznikem systému DVB-DSNG, jako například použití modulací 8PSK a 16QAM. DVB-S2 sebou přináší mnohé výhody z nedávného vývoje a má následující klíčové charakteristiky:

- čtyři modulační módy (QPSK, 8PSK, 16APSK, 32 APSK);
- velmi účinnou korekci chyb (FEC), která umožňuje dosahovat výbornou výkonnost a odolnost proti rušení;
- adaptivní kódování a modulace (ACM) což umožňuje měnit parametry rámců v závislosti na podmínkách a parametrech přenosové cesty;
- DVB-S2 nabízí volitelné zpětně kompatibilní režimy, které používají hierarchické modulace, aby starší přijímače DVB-S byly schopny i nadále fungovat a poskytovat dostatečné kapacity a služby.

Tab. 3 Příklad srovnání DVB-S a DVB-S2 pro TV vysílání. [33]

Satellite EIRP (dBW)	51		53.7	
System	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Modulation & Coding	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8PSK 2/3
Symbol Rate (Mbaud)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	30.9 ($\alpha = 0.2$)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	29.7 ($\alpha = 0.25$)
C/N (in 27.5MHz) (dB)	5.1	5.1	7.8	7.8
Useful Bitrate (Mbit/s)	33.8	46 (gain = 36%)	44.4	58.8 (gain = 32%)
Number of SDTV Programmes	7 MPEG-2 15 AVC	10 MPEG-2 21 AVC	10 MPEG-2 20 AVC	13 MPEG-2 26 AVC
Number of HDTV Programmes	1-2 MPEG-2 3-4 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	3 MPEG-2 6 AVC

DVB-S2 poskytuje excelentní výkonnost, která se blíží Shannonovu limitu, teoretické maximum přenosu informací kanálem pro danou úroveň šumu. Může fungovat s odstupem signál/šum -2dB s QPSK až po +16dB při použití 32APSK. Z předchozí tabulky je vidět nárůst užitečného bitrate o více než 30% v obou případech.

1.6 Bezpečnost družicové komunikace

Stejně jako jakákoli jiná bezdrátová (rádiová) komunikace je i družicová komunikace považována za málo bezpečnou, protože je náchylná na odposlech. Obzvláště pak komunikace v dopředném směru je otevřená všem uživatelům, nejen autorizovaným. V opačném zpětném směru je komunikace mnohem bezpečnější, protože se používá metoda přeskokování kmitočtů, takže vysílání je uskutečňováno na různých kmitočtech a mění se podle určitého vzorce. Z toho plyne, že pokud by někdo chtěl odposlouchávat komunikaci, musel by znát přesnou posloupnost přeskokování kmitočtů.

U uživatele lze pro zabezpečení sítě připojené přes satelit k internetu doporučit použít firewall. Citlivý obsah a citlivá data lze také chránit prostřednictvím čipových karet, podobných jako užívají poskytovatelé satelitní TV. Ty lze použít pro šifrování uživatelských dat (na fyzické úrovni nebo IP datové části) a pro dešifrování použít PKI. Virtuální privátní sítě (VPN) se hodí pro připojení podnikových sítí prostřednictvím satelitu, ale i zde je potřeba zvážit účinky zpoždění a nároky na zpracování na samotné družici. Pro satelitní komunikaci se skupinovým vysíláním se hodí IP VPN, kde se uplatňuje IPSec v transportním režimu. [6]

1.6.1 IPSec

IPsec (IP security) je bezpečnostní rozšíření IP protokolu založené na autentizaci a šifrování každého IP datagramu. V architektuře OSI se jedná o zabezpečení již na síťové

vrstvě, poskytuje proto transparentně bezpečnost jakémukoliv přenosu (kterékoliv síťové aplikaci). Bezpečnostní mechanismy vyšších vrstev (nad protokoly TCP/UDP, kde pracují TLS/SSL, SSH apod.) vyžadují podporu aplikací. IPsec je definován v několika desítkách RFC vydaných IETF, základními jsou 2401 a 2411.[29]

Princip činnosti

Vytváří logické kanály – *Security Associations* (SA), které jsou vždy jednosměrné, pro duplex se používají dvě SA.

Bezpečnostní rozšíření vypadá následovně:

- Ověřování – při přijetí paketu může dojít k ověření, zda vyslaný paket odpovídá odesílateli či zda vůbec existuje.
- Šifrování – obě strany se předem dohodnou na formě šifrování paketu. Poté dojde k zašifrování celého paketu krom IP hlavičky, případně celého paketu a bude přidána nová IP hlavička.

Základní protokoly (jsou často používány zároveň, protože se vzájemně doplňují):

- Authentication Header (AH) – zajišťuje autentizaci odesílatele a příjemce, integritu dat v hlavičce, ale vlastní data nejsou šifrována.
- Encapsulating Security Payload (ESP) – přidává šifrování paketů, přičemž vnější hlavička není nijak chráněna a není zaručena její integrita.

2 DRUŽICOVÉ KOMUNIKAČNÍ SYSTÉMY PRO MOBILNÍ KOMUNIKACI

Existuje celá řada vyspělých družicových komunikačních systémů, které umožňují komunikaci, či přenos dat, téměř z kteréhokoli místa na naší planetě. V této kapitole jsou stručně popsány nejznámější z nich.

2.1 INMARSAT

INMARSAT je družicový komunikační systém, který byl nasazen do provozu v roce 1982. Z původního rozsahu služeb zaměřeného na námořní oblast (pomoc při ohrožení lodí, řízení námořní dopravy) se pole působnosti velmi rozšířilo a pokrývá nyní i pozemní a leteckou komunikaci. Původní analogové systémy jsou od roku 1992 doplněny i systémy digitálními. Systém INMARSAT používá 4 družice na geostacionárních drahách a skládá se z následujících částí. V rozmezí let 2005 až 2009 byla konstelace družic obnovena a to již čtvrtou generací komunikačních družic Inmarsat-4, která je dokonce 60 krát výkonnější nežli předchozí třetí generace družic Inmarsat-3. Po určité rošádě jsou na definitivních pozicích od února 2009. Konstelace se měnila od prosince 2008 po vypuštění posledního satelitu a potřebě změny pokrytí.

- **Kosmický segment** – skládá se z družicových komunikačních transpondérů s příslušnými kmitočtovými pásmy (1,5/1,6 GHz a 4/6 GHz).

Současné pozice družic jsou následující:

- 98°W (Americas),
- 25°E (EMEA),
- 143,5°E (Asia-Pacific).

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

- **Stanice LES** (Land Earth station) – pevné pozemské 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 Controll Station) – slouží pro celkovou koordinaci sítí, pro účely kontroly a monitorování systému.

System INMARSAT definuje několik různých standardů, které se liší především podle nabízených služeb:

- **INMARSAT BGAN** - funguje na satelitech Inmarsat I-4, tedy satelitech čtvrté generace. Jsou to největší komerční satelity na geostacionární dráze. Každý má hmotnost větší než 6 tun, rozměry bez antén jsou 7 x 2,9 x 2,3 m reflektor o průměru 9m a solární panely s rozpětím 45 m. Jako každá „mobilní satelitní služba“ pracuje i tato v tzv. L-pásmu. Příjem je na kmitočtech kolem 1,5-1,6 GHz, vysílání 1,6-1,7 GHz.

Každá družice používá kolem 200 spotbeamů, což umožňuje vícenásobné využití kmitočtového pásma a dosažení veliké datové průchodnosti. Každý spot má přenosovou kapacitu 512 kbit/s.

Služby BGAN - zejména vysokorychlostní připojení k internetu a IP streaming. Připojení k internetu je na sdíleném kanálu s přenosovou rychlostí max. 492/492 kbit/s, IP streaming od 64 až po 384 kbit/s. Streaming běží na duplexním vyhrazeném kanálu a jde o službu na vyžádání, nemusí být v každý okamžik k dispozici, stejně jako služba ISDN. Některé terminály nabízejí 1 nebo 2 kanály ISDN 64 kbit/s. Každý terminál poskytuje doplňkově i hlasové služby a SMS. Pokud si uživatel zaplatí i veřejnou IP adresu, může cestovat po celém světě se svým telefonním číslem a IP adresou, protože zůstává připojen stále do stejné sítě.

- **INMARSAT-A a INMARSAT-B** – realizována jako skutečně první globální družicová námořní pohyblivá služba v pásmu 1,5/1,6 GHz. Pohyblivé stanice MES se také vyskytují v modifikaci určené pro spojení ze souše. Z hlediska telefonního přenosu hlasu pracuje na analogových principech. Služba nabízí klasickou hlasovou službu a přenos dat. Vývoj kompresních algoritmů dovoluje přenášet v režimu HSD (High Speed Data) data rychlostí až 64 kbit/s. Váha běžného A-terminálu se pohybuje kolem 120 kg a přenosný A-terminál váží mezi 20 a 30 kg. Z důvodu přechodu na digitální způsoby přenosu je následníkem tohoto systému standard INMARSAT-B, který je používán taktéž převážně v námořních aplikacích, využití na souši je však také možné. Zde se již jedná o digitální systém, hlas je

nejdříve digitalizován a poté zakódován pomocí kódování ALC (Adaptive Linear Coding), jehož výstupní tok má přenosovou rychlost 16 kbit/s. Maximální přenosová rychlost při přenosu dat je 64 kbit/s. INMARSAT-B poskytuje také faksimilní služby CCITT G-3.

- **INMARSAT-C** – nabízí pouze služby datových přenosů (telex, fax, data) s maximální přenosovou rychlostí 600 b/s a délkou zpráv do 32 kbyte (obousměrně). Protože metoda přenosu je založena na střadačovém principu (store and forward), může doba přenosu každé zprávy od jejího vyslání až po její přijetí trvat pět až deset minut. Specialitou služby je propracované rozesílání zpráv více uživatelům současně (fax, data) a automatické generování aktuální polohy při nehodě či v nouzové situaci. Data jsou přenášena v malých paketech o velikosti 32 bytů. V rámci služeb INMARSAT existuje virtuální síť SafetyNET s ochranou přenášených dat proti zneužití pro pobřežní hlídky, meteorology a podobně. Druhá síť má název FleetNET a je určena pro poskytování zpráv určité skupině uživatelů prostřednictvím hromadného rozesílání aktuálních zpráv (burzovní zprávy, novinky obecně, sportovní výsledky, ...)

Hmotnost přenosných C- terminálů se pohybuje okolo 3-4 kg, klasické terminály pro instalaci do lodních systémů dosahují hmotnosti asi 10 kg.

- **INMARSAT-D a D+** - je družicový komunikační systém, který zajišťuje službu pagingu (varianta D) a obousměrného pagingu (varianta D+). Podporované zprávy jsou tónové, numerické i alfanumerické.

- **INMARSAT-M** – byl uveden do provozu 1993. Jedná se o plně digitální systém, který poskytuje řízení vysílacího výkonu terminálu v závislosti na aktuálních podmínkách pro zajištění obousměrné komunikace. Komunikační kmitočty jsou shodné se systémem INMARSAT-A. Používá poměrně malé mobilní stanice MES, které umožňují přenos hovoru, dat a faxových zpráv s maximální přenosovou rychlostí 2400 b/s. Přenosná varianta (portable) má tvar kufříku o hmotnost 5-8 kg, k dispozici jsou i větší, převozní (transportable) stanice.

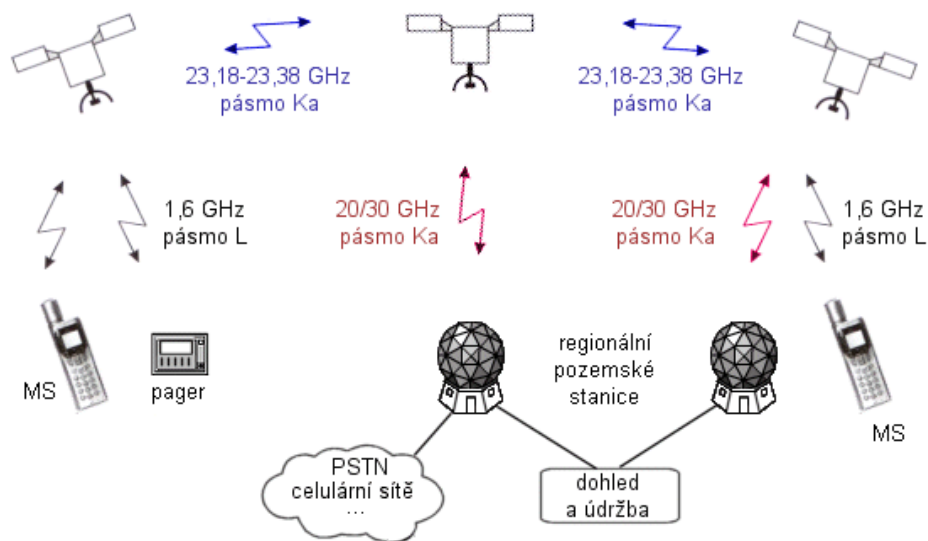
- **INMARSAT-miniM** – nabízí mobilní družicovou komunikaci pro hovor a přenos dat stejně jako INARSAT-M. Ke svému provozu využívá družic 3. generace, které umožňují provoz v úzkých svazcích (spotbeam) s vyšším vyzářeným výkonem na družicích. To pak umožňuje zmenšit rozměry MES zhruba na polovinu a jejich hmotnost snížit až na 2 kg. Tyto stanice potom již mohou být používány jako personální.

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

2.2 IRIDIUM

Iridium je družicový globální digitální personální komunikační systém, ve kterém uživatelé používají příruční mobilní stanice, které komunikují se soustavou 66 družic na oběžné dráze LEO. Název Iridium byl odvozen od skutečnosti, že prvek iridium obsahuje 77 valenčních elektronů, což byl počet původně plánovaných družic. V průběhu vývoje se však ukázalo, že pro zabezpečení provozu postačí 66 družic + 6 družic záložních. Původní název však zůstal v platnosti. Zajímavou vlastností systému Iridium je zpracování signálu na palubě družice (kromě kmitočtového přeložení a výkonového zesílení zde dochází i k mezidružicové komunikaci). Systém zajišťuje hlasové i datové přenosy, paging a určení polohy. Za předpokladu přímé viditelnosti mezi mobilní stanicí a družicí systém zajišťuje pokrytí prakticky celého zemského povrchu. Hlavním tvůrcem tohoto systému je společnost Motorola, která měla na starost jeho vývoj. První družice byly na oběžnou dráhu vyneseny v roce 1997, projekt byl spuštěn v roce 1999. Především z přemrštěných finančních požadavků a nepřilíživého zájmu o poskytovanou službu měl ve své krátké historii tento systém řadu problémů. V současné době je systém opět funkční a je provozován společností Iridium Satellite LLC.

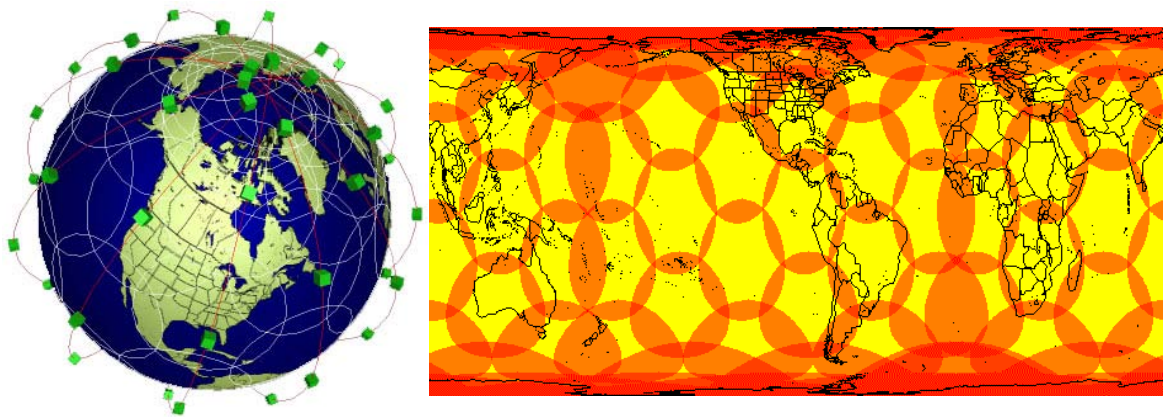
Systém se skládá z kosmického segmentu, uživatelského segmentu, regionálních pozemských stanic a řídicího segmentu.



Obr. 7 Struktura systému Iridium. [10]

Kosmický segment

Družice jsou umístěny ve výšce 770 km nad zemským povrchem na šesti orbitálních drahách v seskupení po jedenácti. Jedna váží 689 kg a kolem Země oběhne za asi 98 minut, přelet družice z horizontu na horizont je za asi 10 min. Každá družice Iridium má čtyři antény pro mezidružicové spoje, aby mohl být provoz směřován na družici, která je před ní a za ní na téže oběžné dráze, jakož i na sousední družice v přilehlých orbitálních rovinách. Každý satelit má 48 spot beamů. Průměr jednoho spotu je asi 400 km a všechny spoty se překrývají.



Obr. 8 Konstelace a pokrytí družic Iridium. [18]

Tab. 4 Pásmo systému Iridium. [10]

Komunikující strany	Pásmo
Mobilní stanice - družice	1616-1616,5 MHz (pásmo L)
Družice - mobilní stanice	1616-1616,5 MHz (pásmo L)
Regionální pozemská stanice - družice	29,1-29,3 GHz (pásmo Ka)
Družice - regionální pozemská stanice	19,4-19,6 GHz (pásmo Ka)
Mezidružicové spoje	23,18-23,38 GHz (pásmo Ka)

Uživatelský segment

Mobilní stanic v systému Iridium může být různého provedení. Především se jedná o přenosné mobilní stanice, dále existují mobilní stanice pro umístění na vozidla a specializované stanice pro použití na palubě letadla nebo lodi. Mobilní stanice umožňují hlasovou komunikaci (přenosová rychlost 2,4 nebo 4,8 kbit/s) a přenos dat rychlostí 2,4 kbit/s. V případě přístupu k internetu v současné době Iridium nabízí využití vlastní přístupové brány a zvýšení přenosové rychlosti pomocí komprese až na 10 kbit/s. Pro

využívání pagingové komponenty Iridium je samozřejmě nutností pagingový přijímač Iridium.

Regionální pozemské stanice

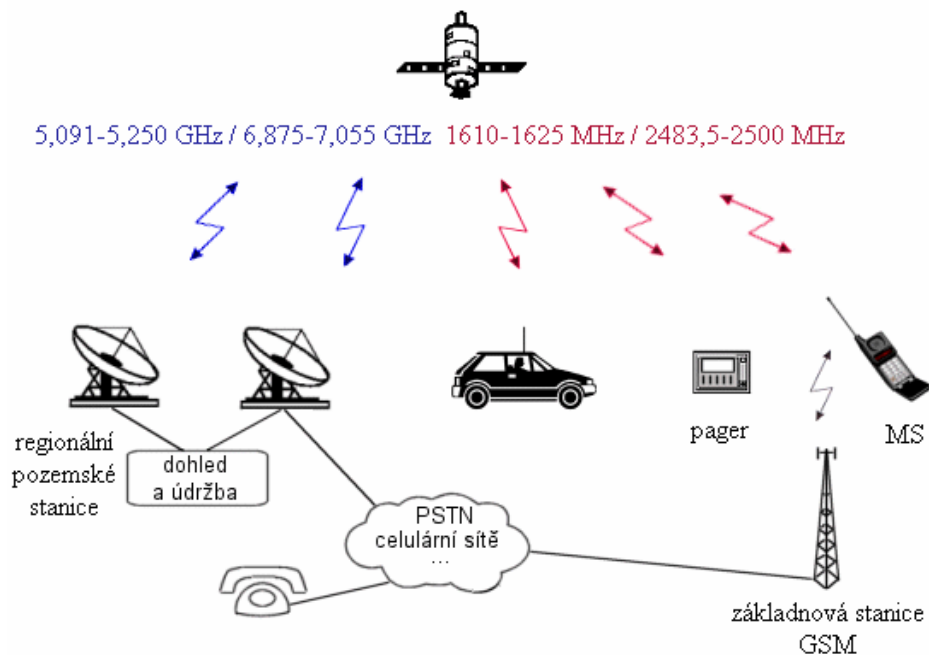
Tyto stanice nekomunikují s mobilními stanicemi přímo, ale přes družice. Úkolem těchto stanic je především sledování pohybu účastníka, řízení komunikace a zajištění komunikace mezi sítí Iridium a ostatními (pozemskými nebo družicovými) sítěmi.

Řídicí segment

Řídicí centrum Iridium má na starost údržbu, detekci a opravy poruch, diagnostiku družic a veškeré činnosti spojené s administrativou a zpoplatňováním služeb.

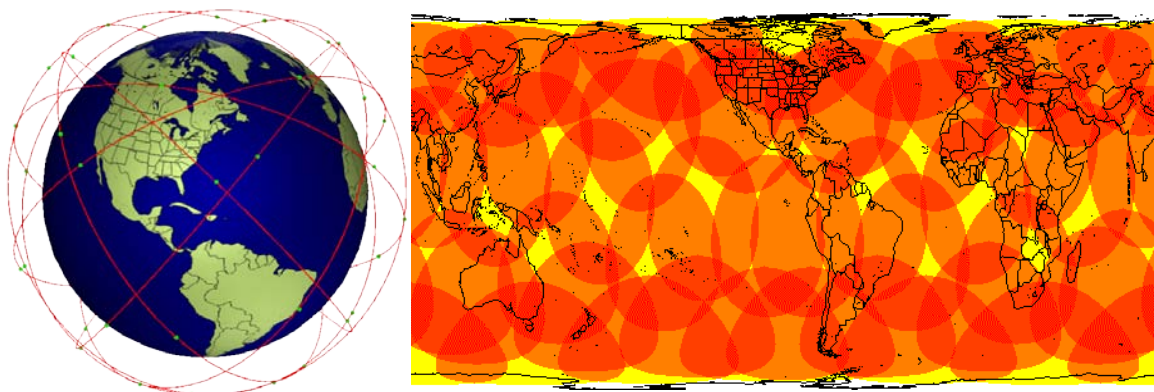
2.3 GLOBALSTAR

Systém Globalstar zajišťuje družicové personální komunikační služby z jakéhokoliv bodu na povrchu Země s výjimkou polárních oblastí. Dráhy družic jsou optimalizovány tak, aby zajistily co nejvyšší dostupnost svých služeb v oblasti mezi 70 stupni jižní šířky a 70 stupni severní šířky. Systém vyvinuly především společnosti Loral a Qualcomm, dnes se na jeho podpoře podílí více společností. Stejně jako ostatní systémy družicové komunikace lze i tento rozdělit na kosmický segment, uživatelský segment a regionální pozemské stanice.



Obr. 9 Struktura systému Globalstar. [10]

• **Kosmický segment** – používá soustavu 48 družic (+ další 4 záložní) obíhajících v osmi rovinách na oběžných drahách LEO. Družice mají hmotnost 462 kg a jsou umístěny ve výšce 1400 km nad zemským povrchem. Kromě kmitočtové konverze a zesílení výkonu se na palubě družice neprovádí žádné zpracování signálu, jednotlivé družice mezi sebou nekomunikují a veškerý provoz jde přes regionální pozemské stanice. V následující tabulce jsou uvedena kmitočtová pásma používaná systémem Globalstar.



Obr. 10 Konstelace a pokrytí družic Globalstar.[34]

Tab. 5 Pásma systému Globalstar. [10]

Komunikující strany	Pásmo
Mobilní stanice – družice	1610 - 1625,5 MHz (pásmo L)
Družice – mobilní stanice	2483,5 - 2500 MHz (pásmo S)
Regionální pozemská stanice – družice	6,875 - 7,055 GHz (pásmo C)
Družice – regionální pozemská stanice	6,875 - 7,055 GHz (pásmo C)
Mezidružicové spoje	žádné

• Uživatelský segment

V systému Globalstar se používají tři typy uživatelských stanic:

- **Přenosná ruční stanice**, která je velice podobná stanice jako mobilní stanice v systému GSM. Může být v provedení pouze pro systém Globalstar nebo může být dvoumódová v provedení pro Globalstar a GSM, CDMA nebo AMPS.
- **Mobilní uživatelská stanice**, která je připevněna na vozidle a skládá se z ruční jednotky vložené do adaptéru ve vozidle. Tyto stanice mají vyšší zisk antény a opět mohou existovat jako dvoumódové varianty.

- **Pevná uživatelská stanice**, která plní funkci ekvivalentní k mobilním uživatelským stanicím a kromě toho, že zisk antény a vysílaný výkon může být ještě vyšší.

Všechny uživatelské stanice systému Globalstar využívají pro identifikaci uživatelů SIM kartu. V případě dvoumódových stanic se stanice může přihlásit do lokálního celulárního systému a komunikovat za nižší cenu. Jestliže se toto přihlášení z nějakého důvodu nepodaří, stanice se přihlásí k systému Globalsatr.

• **Regionální pozemské stanice** – důvodu absence přímé komunikace mezi jednotlivými družicemi plní tuto funkci regionální pozemské stanice a i komunikace mezi dvěma mobilními stanicemi tak vždy částečně probíhá přes fixní pozemskou síť. Systém je samozřejmě navržen tak, aby byla umožněna spolupráce s veřejnými pozemními sítěmi PSTN, mobilními sítěmi PLMN a dalšími komunikačními sítěmi, což je dalším úkolem těchto pozemských stanic. Poloměr plochy regionu, který obstarává regionální pozemská stanice, se mění se zeměpisnou šířkou od asi 200 km při zeměpisné šířce 15° po 5000 km pro vyšší zeměpisné šířky. Stanice tak jsou instalovány hustěji poblíž rovníku a v oblastech s vysokou intenzitou provozu. Stanice má několik (typicky 4) antén pro sledování družic, pracuje bez obsluhy a je monitorována z řídicího centra provozovatele systému SPCC (Service Provider Control Centre).

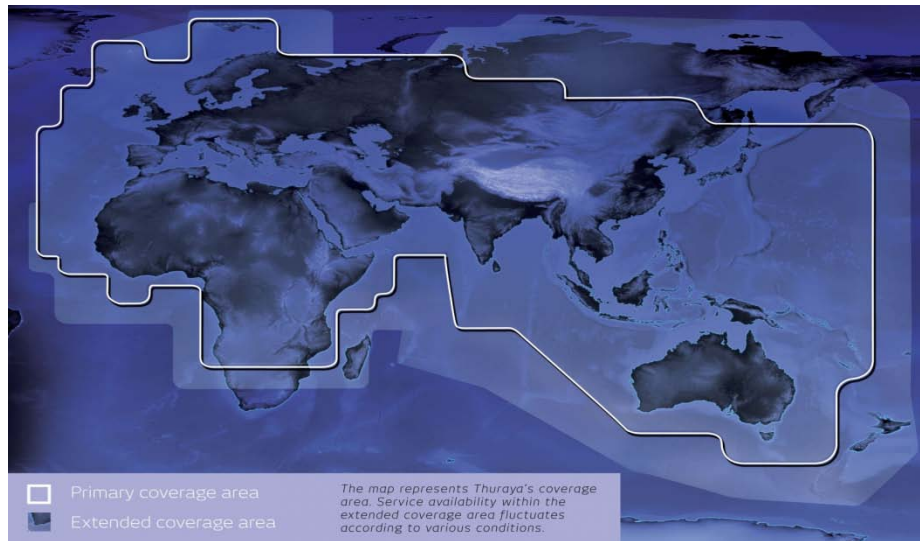
2.4 THURAYA

Duální mód systému Thuraya integruje pozemní a družicové služby. Rozšiřující se hranice poskytovatelů umožňují zákazníkům pohyb po obrovské oblasti bez omezení služeb a chybovosti. Mobilní služby systému Thuraya jsou ideální pro telefonní služby v oblastech, které jsou nedostatečně pokryty telefonními operátory.

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. Tato řešení je velmi výhodné pro vládní úřady, společnosti, ale také pro individuální zákazníky, kteří kladou nároky na vysokou rychlost připojení.

Systém se skládá ze tří segmentů:

• **kosmický segment** – se skládá ze dvou družic umístěných na Geo-synchronním orbitu s inklinací 6,3° a pozici 44° E a 28,5° E. Na družici je umístěna anténa o průměru 12,25 m se službou „zpracování na palubě“ (on-board digital signal processing).



Obr. 11 Pokrytí systému Thuraya. [19]

- **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 navrženy tak, aby zahrnovali rozhraní pro komunikaci s jinými bránami systému Thuraya a pro komunikaci s jinými veřejnými sítěmi.
- **uživatelský segment** – obsahuje pozemní uživatelské terminály, které osahují rozhraní pro komunikaci se satelitními systémy. Thuraya nabízí mobilní, dopravní a pevné terminály. Thuraya poskytuje hlasové, faxové, datové a lokační služby (GPS). Telefony systému Thuraya jsou kombinací satelitních a GSM telefonů. Podle pokrytí a tarifů si tedy lze zvolit způsob komunikace (a tím i ceny hovoru). Jde o nejmenší satelitní telefony, přístroj není nutno směřovat, použití je proto velmi snadné a rychlé.

Tab. 6 Kmitočtová pásma a rychlost datového přenosu systému Thuraya.[19]

Komunikující strany	Pásmo
Satelitní telefony (terminály)	1,5 - 1,7 GHz
Data, fax	9,6 kbit/s

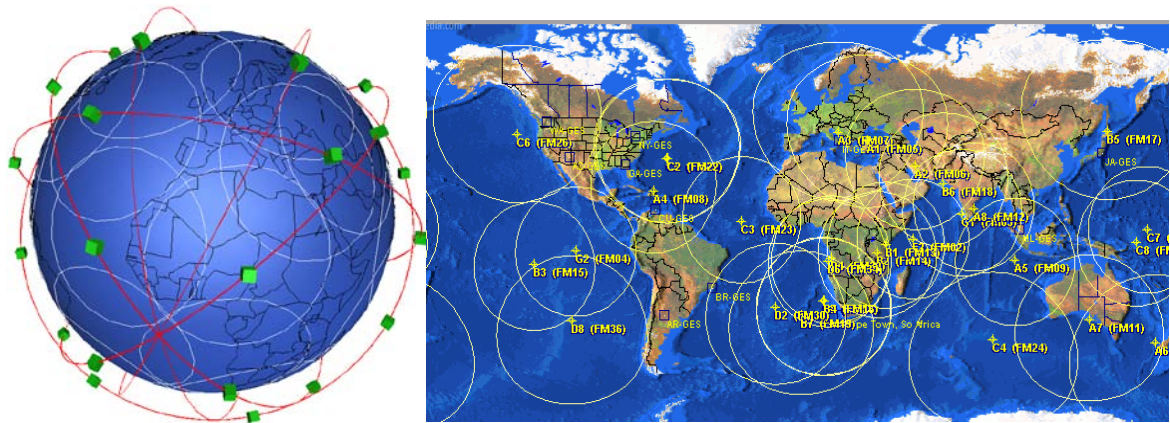
2.5 ORBCOMM

Systém Orbcomm poskytuje datové komunikační služby prostřednictvím dvoucestných satelitních systémů. Tyto systémy jsou navrženy pro poskytnutí tzv. „near-real-time“ a

„store-and-forward“ komunikace pro obousměrnou komunikaci pevných i mobilních zařízení.

Systém se skládá ze tří segmentů:

- **kosmický segment** se současnosti se skládá z 35 satelitů a jednoho satelitního kontrolního centra (Satellite Control Center) v různých orbitálních drahách mezi 700 a 885 kilometry nad zemí.

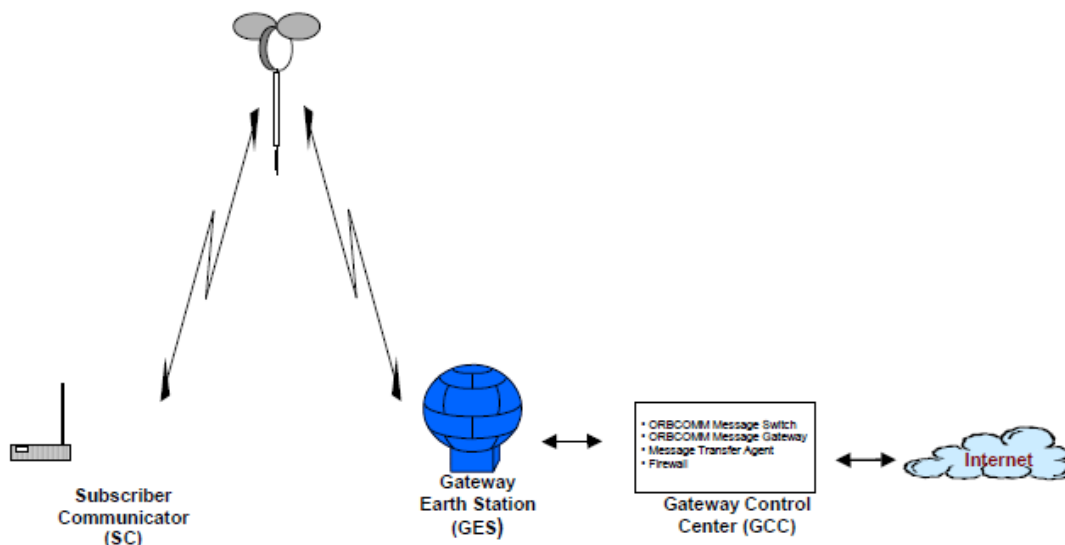


Obr. 12 Konstelace a pokryti systému Orbcomm. [17]

- **pozemní a řídicí segment** je složen ze 13 pozemních stanic, které přijímají a vysílají signál k družicím a 5 řídicích center, které zpracovávají zprávy o komunikaci pozemskými stanicemi a družice a mezi pozemskými komunikačními sítěmi pro přenos dat firemních, uživatelských a řídicích kontrolních center.

- **uživatelský segment** – se skládá z uživatelských komunikačních zařízení používaných mezi koncovými uživateli pro příjem a vysílání zpráv mezi uživatelskými stanicemi a družicemi.

Pro většinu aplikací využívající systém, jsou data generována koncovými uživatelskými aplikacemi přenášena k uživatelskému komunikačnímu zařízení, které upraví data a přenáší je k družicím. Data jsou prostřednictvím družic směrována k další pozemské bráně. Uvnitř řídicí brány jsou data zpracována a odeslána k cíli, kterým může být jiná uživatelská stanice, firemní řídicí systém, osobní nebo firemní emailová adresa, pager nebo telefon. [10]



Obr. 13 Struktura komunikačního řetězce systému Orbcomm. [17]

Jestliže je družice v dosahu, připojí se k ní pozemní řídicí stanice a data jsou ihned odesílána k cíli. Tento mód se nazývá „near-real-time“ mód. Pokud však není družice v dosahu řídicí pozemní stanice, pak je družice přepnuta do „store-and-forward“ módu a data jsou uložena, dokud není v dosahu příslušná stanice. Automatické přepínání mezi oběma módy umožňuje využívat satelitní služby bez ohledy na zeměpisnou polohu uživatelského zařízení.

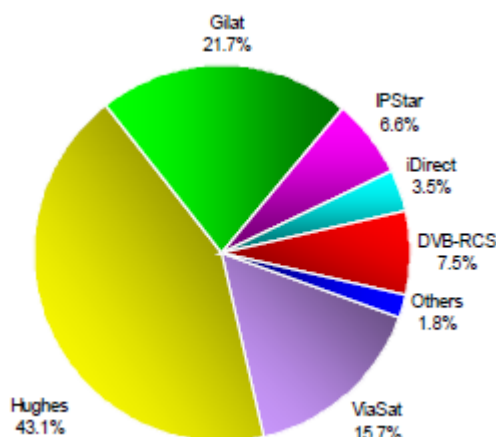
Data mohou být přenášena v různých formátech. Nastavení komunikace zahrnuje privátní a veřejné sítě jako je internet, telefonní síť společností aj. Data mohou být tedy posílána přes standardní e-mailový protokol, internetový protokol v HTML nebo XML formátu. Systém zajišťuje použitím vyspělých technologií možnost použití mezinárodních standardů pro elektronickou poštu a webové technologie.

Tab. 7 Kmitočtová pásma a rychlost datového přenosu systému Orbcomm. [17]

Komunikující strany	Pásmo
Pozemní stanice-družice (uplink)	148 – 150 MHz
Družice – pozemní stanice (downlink)	137 – 138 MHz
Uživatelská přenosová rychlost (uplink)	2,4 kb/s
Uživatelská přenosová rychlost (downlink)	4,8 kb/s

2.6 VSAT

Komerční využití družicové techniky motivovalo výrobce nabídnout uživatelům modulárně koncipovanou a cenově dostupnou službu, která by integrovala přenosové a spojovací funkce, poskytovala přístup k širokopásmovým kanálům při dodržení doby odezvy a umožnila dvoubodová i distribuční mnohobodová spojení. Z toho vznikla potřeba družicových systémů s mnohonásobným přístupem, se zabezpečeným a chráněným přenosem s ohledem na požadované soukromí. Ke skutečně masovému využití družicového přenosu však mohlo dojít až v době, kdy se podařilo díky moderní technologii zmenšit rozměry pozemských družicových stanic, zejména průměr jinak nezbytné parabolické antény, a tím i snížit cenu. Moderní pozemské družicové stanice, mikroterminály neboli mikrostanice (VSAT - Very Small Aperture Terminal), mají průměr antény 1,2 až 1,8 m. Vysílají signály směrem k družici v pásmu 14 GHz a přijímají signály od družice v pásmu 11 – 12 GHz. [6] Průkopníkem VSAT je společnost Hughes. Obr 14 naznačuje rozdělení trhu s VSAT v roce 2009.



Obr. 14 Rozložení trhu s VSAT. [25]

Mikrostanice jsou koncipovány pro paketový přenos v kombinaci s mnohonásobným přístupem (náhodným, pevným nebo rezervovaným) a při zabezpečení samoopravným kódem vykazují zbytkovou chybovost lepší než 10^{-7} při vysílacím výkonu 1 až 2 W. Pro zabezpečení se užívá opravný kód, protože zpětnovazební metody, pokud mají mít dostatečnou účinnost, vyžadují krátkou dobu přenosu, což družicová komunikace nemůže pochopitelně zaručit. Datové služby poskytované VSAT jsou dvoubodové (mezi dvěma mikroterminály přes družici) nebo se provozují ve hvězdicové síti, kde kromě mikroterminálů je v činnosti jedna řídicí stanice, která řídí a zprostředkovává komunikaci mezi dvojicemi VSAT (zprostředkovává spojení buď s přímo připojenou pozemskou

stancí, nebo přes družici se vzdálenou stancí). Na rozdíl od mikroterminálů je řídicí stanice složitější, má rozsáhlejší vybavení a je opatřena větším anténním systémem (paraboly o průměru 5 – 11 m). Síť VSAT však může být i decentralizovaná s polygonální topologií, v níž mikroterminály komunikují přes družici přímo. Řídicí stanice může spolupracovat s veřejnými sítěmi a podobně tomu je i v případě mikroterminálů, na které se dále připojují další koncová zařízení, takže síť VSAT rozšiřují datové služby co do překlenuté vzdálenosti a dostupnosti. [6]

Pro sdílení přenosových kapacit družicových spojů se používá časového multiplexu a mnohonásobného přístupu.

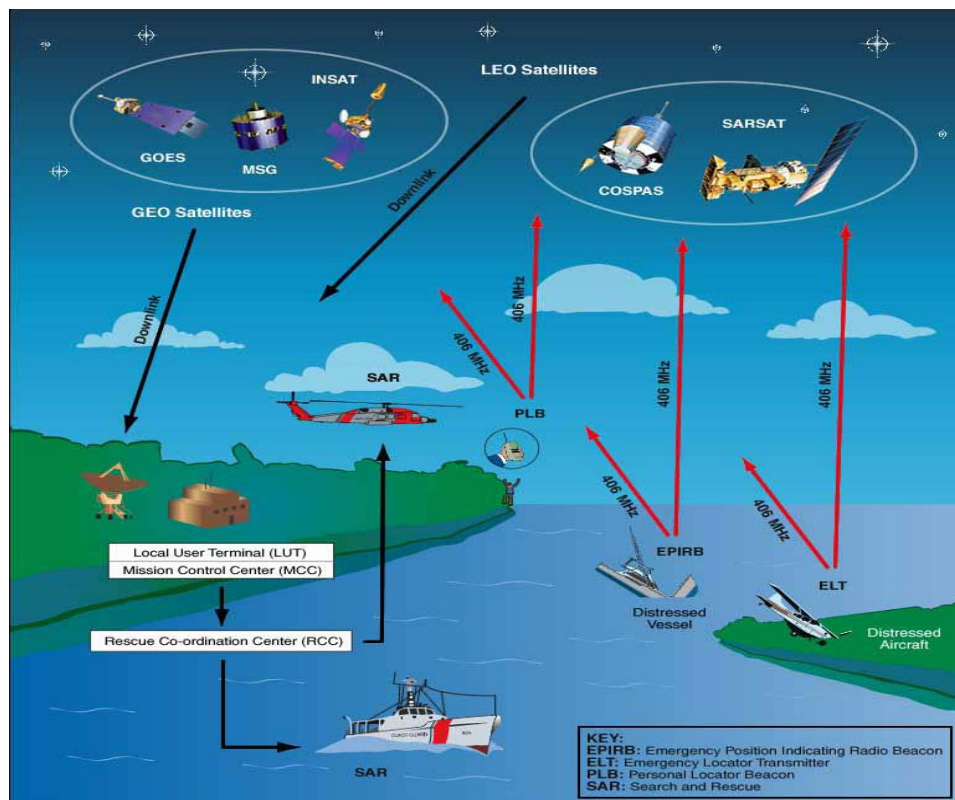
- Ve směru *mikroterminál – družice – řídicí stanice* (inbound, inroute) se s výhodou volí některá z metod mnohonásobného přístupu, nejčastěji taktovaná ALOHA. V družicovém kanálu se vytvářejí časové rámce o délce 1 s rozdělené na časové úseky, např. 140 oktetů. Všechny mikroterminály mají stejnou možnost obsadit některý z časových úseků za předpokladu, že nepřekročí jeho délku. Pokud se však ve stejném časovém úseku dožaduje přenosové kapacity více než jedna stanice, dojde ke kolizi a pokus se musí opakovat. Přenosová rychlost dosahuje řádově stovek kbit/s, ale skutečný přenosový výkon je nižší vlivem neúspěšnosti pokusů. K tomu je nutné připočítat i nezbytné zpoždění, které činí pro geostacionární družici asi 270 ms (podle polohy pozemské stanice vzhledem k družici).
- Ve směru *řídicí stanice – družice – mikroterminál* (outbound, outroute) se používá klasický časový multiplex (TDM), protože jde o jeden vysílač (hlavní stanice) a všechny ostatní stanice (mikroterminály) mohou být na příjmu a podle adresy si ze sledu časových úseků vybrat jim určená data. Kromě uživatelských dat (u obousměrného VSAT) se v tomto kanálu přenášejí potvrzení úspěšného příjmu paketu od mikroterminálu nebo naopak informace o vzniku kolize.

3 APLIKACE VYUŽÍVAJÍCÍ KOMERČNÍ DRUŽICOVÉ SYSTÉMY

Na dnešním trhu se nachází velmi mnoho různých aplikací využívajících družicových systémů v mnoha odvětvích. Družicové systémy se stávají neodmyslitelnou součástí každodenního života nejen ve vyspělých státech, ale i ve zbytku světa. S nesčetného množství těchto aplikací jsem se rozhodnul popsat jednu, jež je používána především k záchraně lidí, kteří se ocitnou v tísni.

3.1 Cospas-Sarsat

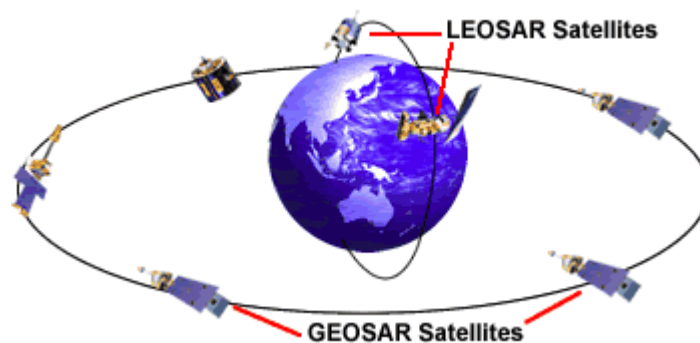
Cospas-Sarsat je organizace založená na mezinárodní spolupráci mezi 40 členskými státy a s takovými mezinárodními organizacemi jako je Mezinárodní námořní organizace (IMO) a Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO). V čele organizace je mezinárodní rada, v jejímž předsednictví se střídají 4 zakládající země (Spojené státy, Rusko, Kanada, Francie). Stálý sekretariát sídlí v Montrealu a je odpovědný za plnění rozhodnutí rady. Cospas-Sarsat je systém k záchraně lidí v tísni podporující služby „Search-and-rescue“ kdekoli na Zemi. Systém se skládá z družic na nízké polární dráze a od roku 1996 i na geostacionární dráze pro urychlení detekce. Družice letí nad každým majákem zhruba 24 krát za den. Pomocí tohoto systému již bylo zachráněno přes 24 tisíc životů.



Obr. 15 Princip činnosti systému Cospas-Sarsat. [27]

Kosmický segment

Cospas-Sarsat demonstruje spolupráci systémů na nízkých a geostacionárních oběžných drahách, jejichž schopnosti se vzájemně doplňují. Například GEOSAR systém může poskytnout téměř okamžité upozornění na signál z tísňového majáku systém a LEOSAR poskytuje pokrytí polárních oblastí (které jsou mimo dosah geostacionární družice), umí vypočítat polohy nouzových událostí pomocí dopplerovského zpracování dat a je méně citlivý na překážky, které mohou zablokovat signálu majáku v daném směru, protože družice se stále pohybuje s ohledem na maják.



Obr. 16 Družice na dvou oběžných drahách. [27]

LEOSAR systém (družice na nízké oběžné dráze):

- 5 Amerických družic (NOAA-15, 16, 17, 18 a N') nesoucí 125, 243 a 406-MHz Canadské SARR transpondéry, 243 a 406-MHz SARP Francouzské procesorové vybavení,
- 1 Evropská družice: Metop-A (Eumetsat) nesoucí a Canadský SARR a Francouzský SARP.

GEOSAR systém (družice na geostacionární oběžné dráze):

- 1 Indická družice Insat 3A nad indickým oceánem,
- 2 Americké družice Goes 11 a 12 nad atlantickým a pacifickým oceánem,
- 2 Evropské družice MSG-1 a MSG-2 patřící organizaci Eumetsat.

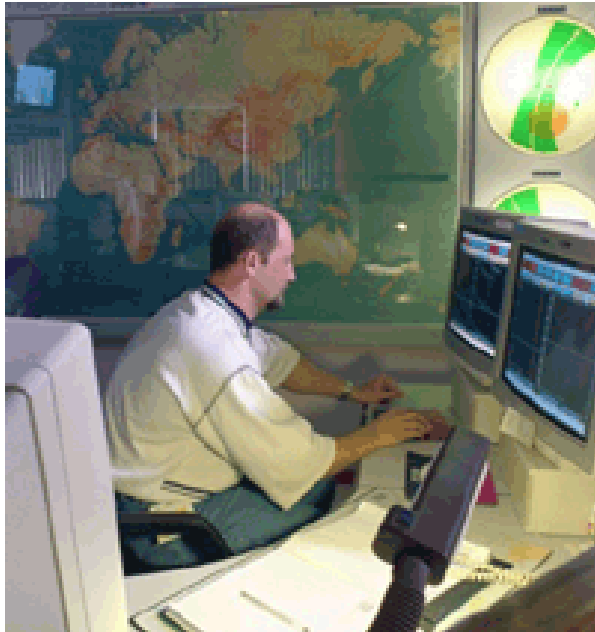
Tab. 8 Základní informace o družicích systému Cospas-Sarsat. [27]

Počet tísňových majáků	Více než 950 000 ke konci roku 2009
Družice Cospas	Orbita: LEO Výška: 1,000 km Inklinace: 98° Doba oběhu: 103 min Životnost družice: 5 let
Družice Sarsat	Orbita: LEO Výška: 850 km Inklinace: 98° Doba oběhu: 101 min Životnost družice: 5 let
Družice Insat a MSG	Orbita: GEO Výška: 36,000 km Životnost družice: 10 let
Družice Metop	Orbita: LEO Výška: 830 km Inklinace: 98° Životnost družice: 5 let

Pozemní segment

Na zemi se nachází 76 uživatelských terminálů (LUT – Local Users Terminals) operujících ve 30 zemích světa (55 stanic LEOLUT a 21 stanic GEOLUT). Tyto stanice nepřetržitě přijímají a vyhodnocují signály emitované tísňovými majáky a přenášeny k nim za pomoci družic. Následně vyhodnocují polohu tísňového majáku a automaticky posílají zpracovaná data o tísňové situaci do kontrolních center (MCC - Mission Control Centre).

Kontrolních center (MCC) se na zemi nachází 30. Tato centra přijímají upozornění z uživatelských terminálů a zprostředkovávají komunikaci mezi kontrolními centry a operačními středisky záchranných složek (RCC – Rescue Coordination Centres, SPOC – Search and Rescue Points Of Contacts).



Obr. 17 MCC ve francouzském Toulouse.

Tísňové majáky

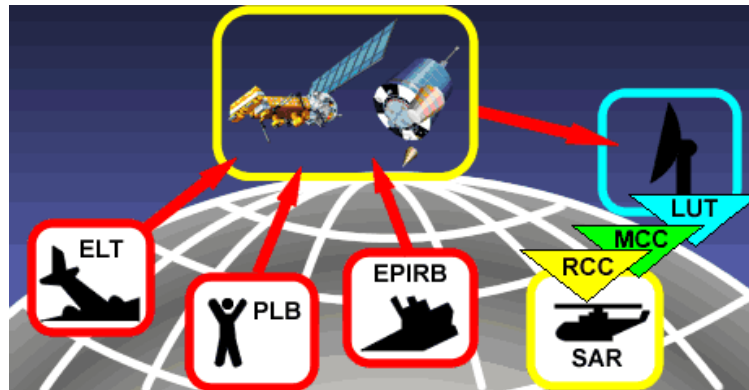
Tyto tísňové majáky (mistress beacons) fungují od 1. 2. 2009 pouze na frekvencích 406 MHz a byly vyvinuty organizací CNES (Centre National D'Études Spatiales). Jejich signál je detekován kdekoli na Zemi s přesností na 2 km. Některé z nich jsou navíc vybaveny GPS přijímačem, aby mohli posílat přesnější informace o pozici.



Obr. 18 Tísňové majáky.

Typy tísňových majáků, které vysílají signál v tísňových situacích:

- ELT pro leteckou dopravu,
- EPIRB pro námořní dopravu,
- PLB pro osobní užití.



Obr. 19 Znáznornění postupu zprávy od majáků. [27]

Budoucnost systému

Členové organizace Cospas-Sarsat neustále usilují o zlepšování systému v oblasti detekce přesnosti polohy. Jednou z plánovaných změn bylo ukončení satelitního vysílání na frekvenci 121,5 MHz dne 1. února 2009 a nahrazení majáků modely pracující na frekvenci 406 MHz.

Další projekt zaměřený na optimalizaci systému zahrnuje začlenění systému „Search and Rescue“ kvůli kompatibilitě s Evropským navigačním systémem Galileo od roku 2013. Optimální výkon a globální pokrytí tohoto sestavení družic zvýší přesnost lokalizace na méně než 20 metrů a bude nabízet nové služby, jako je například downlink z družice k majáku vybaveným přijímačem Galileo.

Dva podobné programy jsou nyní ve fázi vývoje:

- americký projekt DASS (Distress Alerting Satellite System), který chce umístit systém SAR na družice systému GPS-3,
- ruský projekt, který chce umístit systém SaR na družice systému Glonass.

4 DRUŽICOVÉ POLOHOVACÍ A NAVIGAČNÍ SYSTÉMY

Zatímco komunikace přes družicové spoje se prozatím jeví jen jako okrajový trh, družicové polohovací a navigační systémy se stávají hodnotnou komoditou. Prozatím tyto služby nabízí pouze americký armádní systém GPS, ale za několik let by jej mohl účinně doplnit evropský civilní systém Galileo.

Určení polohy objektu se odehrává pomocí signálů vysílaných ze tří až čtyř viditelných družic, které jako náklad nesou počítač, velmi přesné atomové hodiny a vysílače signálů, které nepřetržitě oznamují polohu satelitu a aktuální čas. Přijímač na objektu (nejen osoby, auta, ale i např. i zboží) na podkladu takto přijímaných signálů vypočítává svoji pozici, příp. rychlost pohybu v daném směru, a to na základě pozice satelitu. Přesné hodiny na straně přijímače jsou také nezbytností, čas se na nich aktualizuje právě podle signálů z družic. Každý ze satelitů má svůj jedinečný kód. Vypočtení správné polohy závisí na přesnosti a správnosti měření času, pozice družic a zpoždění signálů. [6]

4.1 NAVSTAR GPS

Globální polohový systém (Global Positioning System, GPS) byl vyvinut Ministerstvem obrany Spojených Států Amerických (United States Department of Defense) a jeho oficiální název je NAVSTAR GPS (NAVigation Signal Timing And Ranging Global Positioning System). Družicová konstelace je udržována a řízena padesátým "vesmírným" oddílem (letkou) vzdušných sil Spojených Států (50th Space Wing of the United States Air Force). I přesto, že údržba systému stojí ročně přibližně 400 milionů dolarů (včetně nákladů na výměnu přestárých družic), je GPS pro civilní používání zcela zadarmo. [14]

4.1.1 Technický popis systému

GPS se v současné době skládá ze tří hlavních segmentů:

- kosmický segment (Space Segment, SS),
- řídicí segment (Control Segment, CS),
- uživatelský segment (User Segment, US).

Kosmický segment

Kosmický segment je tvořen z 24 družic rovnoměrně rozložených v šesti oběžných rovinách. Oběžné roviny jsou centrické vzhledem k Zemi. Roviny mají přibližně sklon k rovníku 55° a jsou k sobě posunuty o 60° podél rovníku (posunutí rektascenze výstupních

uzlů). Družice obíhají ve výšce přibližně 20 000 kilometrů, každá družice oběhne svou dráhu dvakrát za hvězdný den, takže přeletí nad stejným místem na Zemi jednou za den (oběžná doba je rovna 11h a 58 min, to znamená, že pozorovatel na Zemi uvidí družici vycházet (pohybuje se stále po stejné trajektorii) vždy o 4 minuty dříve). Oběžné dráhy jsou navrženy tak, že alespoň šest družic je vždy viditelných téměř z kteréhokoli místa na Zemi. [14]

K lednu 2007 bylo v GPS konstelaci 29 aktivně vysílajících GPS družic. Doplňkové "extra" družice vylepšují přesnost výpočtů GPS přijímačů, protože poskytují nadbytečná měření. Díky nadbytečnému počtu družic se rozestavení celé konstelace změnilo na nesouměrné, nicméně když několik družic selže, systém zůstává plně funkční (to se týká hlavně spolehlivosti a dostupnosti). Poslední družice GPS IIR-21 ze série osmi modernizovaných družic GPS IIR byla vynešena z Cape Canaveral 17. září 2009.

Řídící segment

Dráhy letu GPS družic jsou sledovány monitorovacími stanicemi v těchto lokalitách: Havajské ostrovy, Kwajalein, Ascension, Diego Garcia a Colorado Springs, Colorado. Sledovací data (tracking information) jsou posílány do hlavní řídicí stanice, která se nachází na Letecké základně Schriever (Schriever Air Force Base) v Colorado Springs, Colorado. Základna je pod velením Leteckých Sil Spojených Států, jmenovitě je spravována Druhou "Vesmírnou řídicí" skupinou (2nd space Operations Squadron, 2nd SOPS). 2nd SOPS pravidelně posílá každé GPS družici aktualizaci navigačních dat (využívá přitom pozemní antény, které jsou součástí zařízení stanic Ascension, Diego Garcia, Kwajalein a Colorado Springs). Tyto aktualizace synchronizují družicové atomové hodiny s přesností do jedné mikrosekundy a upravují družicové efemeridy, které jsou posléze vysílány družicí. Aktualizace jsou vytvořeny pomocí Kalmanova filtru, který využívá data od pozemních monitorovacích stanic, informace o "vesmírném počasí" a další různé zdroje dat. [14]

Uživatelský segment

GPS přijímače uživatelů tvoří uživatelský segment GPS. GPS přijímače se obecně skládají z antény (která je "nalazena" na frekvence vysílané družicemi), procesoru přijímače, a vysoce stabilních hodin (často s pasivní elektronickou součástí zvanou krystal). Také mohou být vybaveny displejem, na kterém se uživatelé mohou zobrazit údaje o jeho poloze a rychlosti. U GPS přijímače se často uvádí počet kanálů, které značí počet družic od kterých je přijímač najednou schopen přijímat signály. Původně se jednalo o 4 až 5 kanálů,

ale v současné době se tento počet zvýšil na standardních 12 až 20 kanálů. Součástí GPS přijímačů mohou také být zařízení pro příjem diferenciálních korekcí nebo také zařízení pro přenos dat do PC nebo jiných zařízení (např. bluetooth). [14]

4.2 GLONASS

GLONASS (rusky: ГЛОНАСС - ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система, přepis do latinky: Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, česky: GLOBální NAVigační Satelitní Systém) je radiový družicový navigační systém provozovaný dříve Sovětským svazem, nyní Ruskem. GLONASS je obdobou amerického GPS a evropského navigačního systému Galileo a je provozován ruskou vládou skrze Úřad ruských vojenských vesmírných sil. [14]

4.2.1 Technický popis systému

GLONASS se v současné době skládá ze tří hlavních segmentů:

- kosmický segment (Space Segment, SS),
- řídicí segment (Control Segment, CS),
- uživatelský segment (User Segment, US).

Kosmický segment

Skládá se z 24 družic ve třech oběžných rovinách. V každé rovině je osm družic, jsou identifikovatelné pomocí pozičního čísla (číslo určuje odpovídající rovinu oběžné dráhy a pozici v rámci této roviny: 1-8, 9-16, 17-24). Roviny oběžných drah jsou vzájemně posunuty o 120° (podél roviny rovníku), družice v jedné rovině jsou vzájemně posunuty o 45° . Oběžné dráhy jsou přibližně kruhové se sklonem k rovině rovníku 64.8° a hlavní poloosou o délce 25,440 km. Družice systému GLONASS obíhají Zemi ve výšce 19,100 km a každá družice oběhne Zemi za 11 hodin a 15 minut.

Řídicí segment

Skládá se z hlavního řídicího centra a ze sítě sledovacích stanic, které jsou rozmístěny po ruském území. Řídicí segment systému GLONASS, podobně jako GPS, sleduje a monitoruje stav družic, zjišťuje jejich polohu a provádí korekce satelitních hodin podle UTC čas (Coordinated Universal Time) a dvakrát denně provádí upload navigačních dat.

Uživatelský segment

Uživatelský segment se skládá ze zařízení (např. přijímače řady Novatel OEMV), které jsou schopny přijímat signály ze satelitů. Přijímače musejí být schopny současně zpracovávat signály od minimálně čtyř družic pro získání přesné polohy, rychlosti a času. Stejně jako GPS je i GLONASS systémem současně vojenským i civilním a jeho použití je možné v mnoha aplikacích podobně jako GPS.

4.3 EGNOS

Systém EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service, volně přeloženo jako Evropská „podpurná“ geostacionární navigační služba) je evropský projekt, který formou diferenciálního signálu poskytuje korekce k signálu GPS. Korekce jsou poskytovány pro území Evropy a jsou důležité pro eliminaci chyb, jimiž jsou vysílané signály nevyhnutelně zatíženy (konkrétní chyby jsou uvedeny níže). Zpracováním diferenciálního signálu v GNSS přijímači dochází ke zpřesnění určení polohy.

EGNOS je aplikace systému SBAS (Satellite Based Augmentation System), který je vyvíjen společně Evropskou kosmickou agenturou (ESA), Evropskou komisí (EC) a Evropskou organizací pro bezpečnost leteckého provozu (EUROCONTROL).

V dubnu roku 2009 bylo převedeno veškeré vlastnictví systému EGNOS z Evropské kosmické agentury na Evropskou komisi a oficiálně byl systém spuštěn k 1. říjnu 2009.

[12]



Obr. 20 Stanice EGNOS. [14]

Legenda:

- Ranging and Integrity Monitoring Stations (RIMS), referenční stanice
- Master Control Centres (MCC), hlavní řídicí centra
- ▲ Navigation Land Earth Stations (NLES), vysílací stanice
- Performance Assessment and Check out Facility (PACF), centrum podpory systému
- Application Specific Qualification Facility (ASQF), centrum pro uživatelskou podporu

4.3.1 Technický popis systému

Systém EGNOS je rozdělen do čtyř následujících funkčních segmentů.

Pozemní segment

Důmyslný pozemní segment se skládá z referenčních stanic a kontrolních center, které se převážně nacházejí v Evropě a jsou mezi sebou propojeny pozemní sítí.

Systém tvoří:

- 34 referenčních stanic (RIMS), které přijímají signál GPS a následně provádějí výpočet vzdálenosti družice – přijímač a RIMS pak posílají získaná data do hlavních řídicích center (MCC) pomocí samostatné komunikační sítě (U RIMS jsou

s vysokou přesností známy souřadnice v systému WGS 84, systém tedy principiálně funguje podobně jako jakákoli jiná síť referenčních stanic používaná při technologii diferenciálního GPS);

- 4 hlavních řídicích center (MCC), které přijímají informace od stanic RIMS a zde se data upravují a vyhodnocují se informace o stavu družic GPS (přesnost atomových hodin, odchylky od dráhy pohybu, výpadky...) a o chybách měření zaviněných stavem zemské ionosféry (= hlavní příčina chyb měření) (MCC centra jsou něco jako mozek systému EGNOS);
- 6 vysílacích stanic (NLES), které přijímají korekční zprávy pomocí zabezpečeného komunikačního kanálu od MCC a přeposílají je přes tři EGNOS družice na geostacionární dráze uživatelům systému GPS s EGNOS přijímačem.

Podpůrný segment

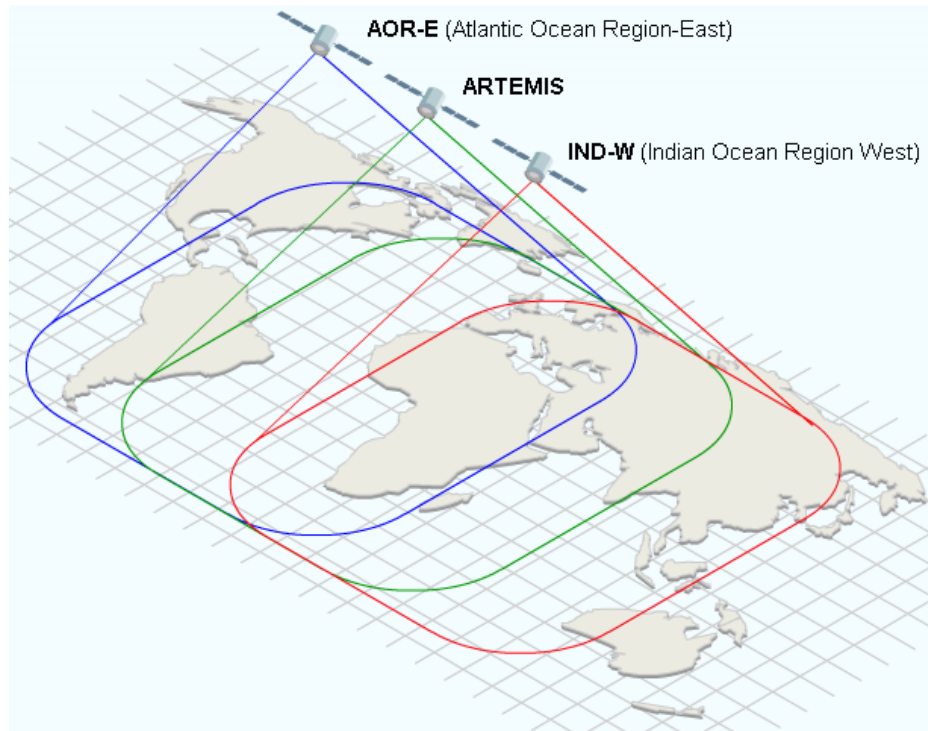
Kromě již zmíněných RIMS a MCC má systém i jiné zařízení pozemní podpory, které vykonávají činnosti operačního systému plánování a hodnocení výkonnosti.

Kosmický segment

Na rozdíl od družic systému GPS, tyto tři EGNOS družice nedisponují generátorem signálu. Signál systému EGNOS je pouze přenášen dvěma družicemi Inmarsat-3 a jednou družicí ESA Artemis. Tyto družice vracejí data zpět k Zemi, kde přijímač tato data načítá a koriguje podle nich údaje přijaté z družic GPS. V praxi by měla být chyba alespoň v 99 % měření menší než 1,5 metru.

Polohy družic:

- AOR-E se nachází na 15.5° západní délky;
- IOR se nachází na 64° východní délky;
- ESA Artemis se nachází na 21.5° východní délky.



Obr. 21 Oblasti pokrývající signál systému EGNOS. [15]

Uživatelský segment

Uživatelé, kteří chtějí využívat služeb systému, musí být vybaveni přijímačem signálu EGNOS nebo jiným přijímačem kompatibilním s SBAS (Satellite-Based Augmentation Systems, volně přeloženo jako družicové systémy pro “vylepšení” globálních navigačních systémů).

Systém EGNOS je vytvořen tak, že všechny jeho části jsou minimálně zdvojené, takže jeho funkčnost může být garantována skoro za všech podmínek. Pouze jedno řídicí centrum bude opravdu řídicí, ostatní budou pouze v pohotovostním režimu pro případ, že by se první potýkalo s nějakými technickými problémy. Vysílacích stanic je také více, než je nutný počet. Pouze tři jsou potřebné pro plný provoz EGNOS, jedna pro každou družici. Ostatní tři jsou opět záložní pro případ poruchy. [14]

Systém EGNOS bude poskytovat celkem 3 druhy služeb:

- **základní služba (Open Service - OS)** – základní signál, poskytovaný zdarma, spuštěno 1. října 2009
- **služba "kritická" z hlediska bezpečnosti (Safety of Life service - SoL)** – rozšířený signál zahrnující integrovanou funkci, která během několika vteřin varuje uživatele v případě chybné funkce. Tato služba bude určena pro bezpečnostně-

kritické dopravní komunity např. letectví. Bude certifikována z hlediska mezinárodních standardů Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO) a pravidel Otevřeného nebe (Open Sky regulations), plánované spuštění v prosinci 2010

- **komerční služba "EGNOS Data Access Server" (EDAS)** – EDAS šíří EGNOS data v reálném čase a je taktéž přístupovým bodem pro veškerá data systémem shromážděná a generovaná

Vývoj systému EGNOS [12]

- 1994 – EC schvaluje zahájení projektu EGNOS
- 1996 – Vyuštění telekomunikační družice INMARSAT
- 1998 – Vyuštění telekomunikační družice INMARSAT, stanoveny požadavky programu
- 2003 – EP potvrzuje, že EGNOS spadá do Evropské družicové navigační politiky, spuštěno první MCC (Německo), testování signálu
- 2005 – Spuštěn EGNOS v1 (iniciační provozní fáze)
- 2006
 - Modernizace na EGNOS v2.1 (spuštění dataserveru pro přístup k datům z monitorovacích stanic v reálném čase).
 - Rozšíření pokrytí signálem na oblast severní Afriky
- 2009
 - Služba EDAS dostupná v testovací verzi.
 - Vlastnictví systému převedeno z ESA na EC. Provoz systému EGNOS spravuje na základě smlouvy s Evropskou komisí společnost European Satellite Services Provider (ESSP SaS) se sídlem v Toulouse ve Francii. Předmětem smlouvy je správa provozu a údržba systému EGNOS do konce roku 2013
 - Spuštěna služba Open service (1. říjen)
- 2010
 - Spuštěn GSA web portál pro uživatelské komunity a vývojáře aplikací
 - Vyhodnocení ověřovací fáze EDAS a zahájení provozní fáze
 - Plán výstavby 3 RIMS (Maroko Řecko, Egypt) pro zlepšení pokrytí severní Afriky

- Dohoda mezi EC a JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) o budoucí kompatibilitě mezi Galileo/EGNOS a QZSS (plánovaný japonský družicový navigační systém)
- 4. čtvrtletí – dokončení procesu certifikace ESSP SaS pro civilní letectví, na základě ověření systému bude spuštěna služba SoL.
- Zhodnocení financování programu EGNOS: náklady spojené se zabezpečením provozu systému EGNOS a na jeho technologickou údržbu a obnovu do poloviny roku 2014 byly vyčísleny na 110 M€ Toto obsahuje náklady na infrastrukturu, zabezpečení šíření signálu, poskytování služeb, správu a provoz programu
- 2012/2013 – plánována modernizace na EGNOS v3 (zahrnuje implementaci nového signálu „L5“, který bude poskytovat systém GPS)
- Dlouhodobý plán pro SoL:
 - rozšíření služby SoL na aplikace v silniční, železniční a námořní dopravě
 - na základě multi-regionálního konceptu posílit spolupráci s ostatními poskytovateli služeb SBAS s cílem zajistit globální pokrytí.

EGNOS je prvním dokončeným projektem EU v oblasti družicové navigace a je současně předchůdcem projektu Galileo.

Ostatní systémy blízké systému EGNOS

Všechny tyto systémy jsou typu SBAS a jsou regionálními. Je proto velmi důležité dbát na kompatibilitu systémů, aby poskytovatelé SBAS spolu spolupracovali a koordinovali všechna důležitá rozhodnutí za účelem efektivity systémů a zajištění jejich integrace do jednotného celosvětového navigačního systému.



Obr. 22 SBAS systémy ve světě.[14]

V současné době jsou vyvíjeny další SBAS systémy pro pokrytí zbývajících oblastí:

- **USA**

Státní agentura USA, Federal Aviation Administration, byla vedoucí institucí pro vývoj a je zodpovědná za současný provoz americké obdoby EGNOS zvané WAAS (Wide Area Augmentation System). Oblast pokrytá signálem WAAS zahrnuje území spojených Států a Kanady.

- **Japonsko**

Japonský úřad pro civilní letectví vyvíjí systém zvaný MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System), který svým signálem pokryje území v okolí japonského souostroví.

- **Indie**

Indická Vesmírná Výzkumná Organizace (ISRO, Indian Space Research Organization) společně s Indickou správou letišť (AAI, Airport Authority of India) vypracovali společný plán pro realizaci systému GAGAN, což bude SBAS systém zpřesňující GPS a GLONASS signály nad indickým územím.

Výhody a nevýhody SBAS

Výhody:

- Největší výhodou těchto systémů je především přesnější určení polohy oproti systému GPS (standardní GPS asi 15 m, diferenciální GPS 3 – 5 m, SBAS systémy méně než 3 m).

Nevýhody:

- Závislost na armádním systému NAVSAT GPS.

4.4 Galileo

Galileo je plánovaný autonomní evropský družicový polohový systém (GNSS), který by měl být obdobou americkému systému Navstar GPS a ruskému systému GLONASS. Jeho výstavbu zajišťuje Evropská unie (EU) reprezentovaná Evropskou komisí (EC) a evropská kosmická agentura (ESA). Spuštění GNSS Galileo mělo být původně provozuschopné od roku 2010, podle nových plánů je nejbližší rok spuštění 2015. [13]

Česká republika má právo spolurozhodovat o podobě projektu Galileo, protože je členským státem Evropské unie. ČR je také členským státem ESA (European Space Agency - Evropská kosmická agentura), jenž spolufinancovala počáteční fáze vývoje systému. [14]

Oba současné systémy (GPS a GLONASS) jsou vojenské a ani jeden z provozovatelů nedává záruku, že v případě potřeby signály ze svých družic nevypne. Pokud by na jejich využívání byla založena některá z dopravních služeb, měl by takový čin nebezpečné důsledky pro její uživatele.

4.4.1 Technický popis systému

Vesmírný segment

Plný systém se bude sestávat z 30 satelitů (27 operačních + 3 záložní) obíhajících ve třech rovinách po kruhových drahách na středním orbitu (MEO) ve výšce 23 222 km. Každá z rovin dráhy bude svírat s rovinou rovníku úhel 56° , což umožní využívat navigační systém bez potíží až do míst ležících na 75° zeměpisné šířky. Velký počet družic, z nichž tři budou záložní, zajistí spolehlivou funkci systému i v případě, že některá družice přestane správně pracovat. Galileo umožní každému držiteli přijímače signálu určit jeho aktuální polohu s přesností lepší než jeden metr. [13]

Pozemní segment

Pozemní segment systému se skládá z monitorovacích stanic, kontrolních stanic a komunikačních stanic. Monitorovací stanice (Galileo Sensor Stations) budou rozmístěny po celé Zemi a budou přesně měřit navigační signály družic a předávat tato data do dvou evropských kontrolních center (Galileo Control Centres) k dalšímu zpracování. Na jejich základě se spočítá korekce a odchylky atomových hodin od systémového času. Každé dvě hodiny budou tato data předávána družicím, čímž bude zaručena vysoká přesnost jejich signálů. GCC zároveň ověří integritu signálů a informace o integritě budou opět odesílat na družice k následnému rozesílání uživatelům.

Přenos dat od satelitů a zpět bude zajišťovat globální síť pěti stanic TTC (Telemetry, Telecommunications and Tracking Stations), které mají za úkol ovládání satelitů a jejich kontrolu. Využívají k tomu 13 metrové antény pracující v pásmu 2 GHz. Pět stanic ULS (Mission Uplink Stations), které budou družicím posílat navigační data. ULS používají 3 metrové antény a operují v pásmu 5 GHz.

Kromě těchto globálních stanic budou k dispozici i stanice lokální, které budou samy kontrolovat integritu signálů a pomocí autorizovaných vysílačů ji přenášet zpět na družice, případně budou moci fungovat jako „pozemní družice“ pro ještě větší přesnost a pokrytí v oblastech letišť, přístavů nebo železnice, či pro použití uvnitř budov.

GALILEO bude poskytovat celkem 5 druhů služeb:

- **Základní služba (Open Service - OS)** – základní signál poskytovaný zdarma;
- **Služba "kritická" z hlediska bezpečnosti (Safety of Life Service - SoL)** – rozšířený signál zahrnující integrovanou funkci, která během několika vteřin varuje uživatele v případě chybné funkce. Tato služba bude určena pro bezpečnostně-kritické dopravní komunity např. letectví. Bude certifikována z hlediska standardů ICAO a pravidel Otevřeného nebe (Open Skies regulations);
- **Komerční služba (Commercial Service - CS)** – narozdíl od služby základní, využívá ještě další dva signály. Tyto signály jsou chráněny díky komerčnímu kódování, které bude řízeno poskytovateli služeb a budoucím Galileo Operátorem. Přístup je kontrolován na úrovni přijímače, kde se využívá přístupového klíče;
- **Veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service - PRS)** – využívá dva šifrované signály se zvýšenou robustností a odolností proti úmyslnému a neúmyslnému rušení. Služba je určena výhradně pro vládou definované uživatele.
- **Vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue Service - SAR)** – služba nouzové lokalizace v rámci celosvětové družicové záchranné služby COSPAS/SARSAT s možností oboustranné komunikace.

System Galileo má největší potenciál především v dopravě (letecká, silniční, železniční, námořní a říční, městská, atd.) přesto však nabízí široké využití i v dalších oblastech, kde zvýší bezpečnost, přesnost a komfort (energetický průmysl, bankovníctví, zemědělství, civilní ochrana, životní prostředí, stavebnictví atd.).

Celkové náklady na postavení operačního systému se počítají ve výši 3,2 miliardy Euro. Následné provozní náklady budou ročně asi 220 milionů Euro včetně údržby a oprav. Přitom do roku 2020 by celkové ekonomické přínosy měly dosáhnout 62 miliard a sociální přínosy dalších 12 miliard Euro. Rostoucí zájem zemí o účast v programu Galileo posiluje kapacitu světového trhu v oblasti družicových navigačních služeb. Odhady dnes počítají s užíváním 3 miliard přijímačů v roce 2020 a s tím spojeným finančním obratem 275 miliard Euro ročně. [14]

5 EMC PROBLEMATIKA

Elektromagnetická kompatibilita (slučitelnost) je schopnost zařízení, systému či přístroje správně fungovat i v prostředí, v němž působí jiné zdroje elektromagnetických signálů (přírodní či umělé), a zároveň však svou vlastní elektromagnetickou činností nesmí nepřipustně neovlivňovat své okolí, tj. nesmí produkovat signály, jež by byly nepřipustně rušivé pro jiná zařízení (technická či biologická).

Po dohodě s vedoucím práce jsem se rozhodl zohlednit velice obsáhlou problematiku elektromagnetické kompatibility jen velice stručně, a to pouze v té oblasti, která je pro naše potřeby nejvíce zajímavá. Především v automobilové technice, kde by mohlo docházet k případnému rušení příjmu signálů nasazených navigačních systémů jako je třeba GPS nebo jakékoli jiné mobilní komunikační zařízení.

Organizace, jež zajišťují tvorby norem a standardů uvádím pouze pro informaci a pro přehlednost v současné problematice EMC.

5.1 EMC v automobilové technice

Obrovský nárůst počtu elektrických a elektronických komponent, subsystémů a bloků v každém automobilu, vlaku, lodi a dalších dopravních prostředcích produkuje velké množství řídicích, komunikačních a hlavně rušivých signálů. Tyto rušivé signály, v mnoha případech se jedná i o užitečné signály, však mohou být pro některé systémy signály rušivými, mohou nemalou měrou ovlivňovat jednotlivá komponenty a to nejen moderních dopravních prostředků ale i jejich bezprostřední okolí. Jde přitom nejen o elektrotechniku a elektroniku ve vlastním pohonném, ovládacím a řídicím systému dopravního prostředku, ale rovněž o elektronické komunikační, navigační, informační, bezpečnostní a zábavní prostředky vestavěné např. v automobilu. Je tedy nutné, aby výrobce dopravního prostředku zajistil jejich patřičnou elektromagnetickou odolnost a redukoval jejich nežádoucí elektromagnetické vyzařování. [11]

V současné době (rok 2010) se uvádí, že cena elektronického vybavení středního automobilu tvořit více než 30 % celkové ceny vozidla. Aktuální normy udávají povinnost výrobců testovat svoje automobily v kmitočtovém rozsahu 30 KHz až 1 GHz. To ovšem není dostatečné. Vezmeme-li v úvahu, že GPS pracuje ve kmitočtovém pásmu až 1,6 GHz nebo případně jiné komunikační technologie využívají pásma i mnohem vyšší. Tak by mohlo docházet snadno k rušení takovýchto zařízení. Proto spousta výrobců, kteří chtějí

uspět na trhu se svými produkty, provádějí jejich testování v pásmech až 5 GHz nebo i vyšších u dražších výrobků, aby předešli případným problémům s rušením subsystémů použitelných v jejich automobilech.

5.1.1 Normy a testy EMC pro automobilový průmysl

Normalizace v automobilovém průmyslu v oblasti EMC je poněkud odlišná od civilního sektoru tj. od normalizace ve spotřební elektrotechnice. V roce 2004 byla vydána nová Směrnice Evropské Unie 2004/104/EC pro EMC vozidel a jejich elektrotechnického a elektronického vybavení. Tato směrnice byla následně doplněna dalšími Směrnicemi 2005/49/EC, 2005/83/EC, 2006/28/EC, které doplňují a rozšiřují platnost původní směrnice 2004/104/EC. Přičemž platnost Směrnice 2006/28/EC je od 1. 1. 2006, (2004/104/EC). Od 1. 7. 2006 nelze následně testovat a zkoušet automobilové a motorové výrobky dle starší již neplatné směrnice 95/54/EC. Následně pak od 1. 1. 2009 musejí všechny (tj. i staré) automobilové výrobky splňovat Směrnicí 2006/28/EC (2004/104/EC). [11]

5.2 Normalizace a standardizace v oblasti EMC

S postupem vytváření jednotné Evropy se společným otevřeným trhem vzniká přirozená nutnost sjednotit a harmonizovat (tj. uvést ve vzájemný soulad) mnoho různých předpisů a norem samozřejmě i v oblasti EMC. Kromě celosvětových norem na straně jedné (IEC, CISPR) a národních norem na straně druhé (německé normy VDE a DIN, české normy ČSN, britské normy BS apod.), vzniká v evropském prostoru systém jednotných evropských norem EN (European Norms). Jejich technickou přípravou se zabývají zejména dvě komise Evropské unie CEN a CENELEC. Evropská komise pro normalizaci CEN (Comité Européen de Normalisation) je vytvořena z normalizačních organizací všech členských států Evropské unie (EU) a ze států Evropského sdružení volného obchodu EFTA (European Free Trade Association). Podobně je vytvořena Evropská komise pro normalizaci v elektrotechnice CENELEC (Comité Européen de Normalisation en Electrotechnique) z národních evropských normalizačních organizací. Normy těchto komisí jsou celoevropsky harmonizované. V České republice byl koordináčními pracemi v oblasti všech norem nejprve pověřen Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví ÚNMZ. Kromě uvedených orgánů a organizací, které řeší normalizaci EMC v nejrůznějších sférách elektrotechniky, existují další speciální orgány, které se této problematice věnují v určitých specifických oblastech. Mezinárodní telekomunikační unie

ITU (International Telecommunications Union) a její poradní výbory CCIR a CCITT se zabývají problematikou EMC v oblasti radiokomunikačních a telekomunikačních systémů a zařízení. Svá stanoviska publikuje ITU sériemi tzv. doporučení (Recommendations), z nichž se oblasti EMC týkají doporučení série K. Podobně Evropský institut pro normalizaci v telekomunikacích ETSI (European Telecommunications Standards Institute) vydává vlastní normy pro oblast spojů. Normy EMC v ETSI zpracovává technická komise TC-EE 4 (Technical Committee Equipment Engineering) pod označením ETS (European Telecommunication Standard). Jejich obsahovým základem jsou příslušná doporučení ITU. [11]

5.2.1 Směrnice Rady Evropské unie č. 2004/108/EC

Nová Směrnice č. 2004/108/EC nahradila původní Směrnici č. 89/336/EEC, byla v každém státě Evropské unie přeložena do národního jazyka a schválena vládami jako zákon s platností od 20. 7. 2007. Přejícné období, v němž lze respektovat užití původní Směrnice, trvalo do 20. 7. 2009. Zboží prodávané na evropských trzích musí Směrnici respektovat. To znamená, že každý výrobce, distributor či prodejce musí prokázat, že jeho výrobek je se Směrnici č. 2004/108/EC v souladu, tedy že splňuje tzv. harmonizované evropské normy EN pro oblast EMC vydávané Evropským výborem pro normalizaci v elektrotechnice CENELEC. Tyto normy nejsou sice závazné, ale dodržení jejich technických požadavků dává předpoklad, že příslušný výrobek či zařízení vyhovuje požadavkům Směrnice. K dosažení tohoto cíle Směrnice musely členské státy EU postupně přijmout a publikovat národní zákony, předpisy a opatření, které budou naplnění těchto zásad legislativně zajišťovat. Uvědomíme-li si, že tato opatření se vztahují na všechna elektrická zařízení, která existují, je zřejmé, že uvedená situace se týká každého výrobce, prodejce i uživatele všeho, co funguje pomocí elektrické energie. [11]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 MODELOVÝ SYSTÉM VYUŽÍVAJÍCÍ DRUŽICOVÝCH SPOJŮ

Jako návrh možné realizace jsem se rozhodl popsat sestavení dvou systémů. První bude prezentovat mobilní systém určený především k vysokorychlostním přenosům dat a hlasové komunikaci skrze moderní komunikační družice systému Inmarsat z míst, ve kterých není dostupná klasická terestriální komunikační síť. A ve druhém případě návrh možného řešení realizace přenosů stavových signálů od EZS zabezpečeného objektu přes komunikační družice systému Iridium z oblastí bez pokrytí běžně dostupnými sítěmi.

6.1 Mobilní řešení

K sestavení modelového mobilního komunikačního systému, který využívá moderních družicových spojů, jsem se rozhodl použít technické prostředky renomovaného výrobce Hughes Network Systems. Tato společnost je globálním lídrem v poskytování širokopásmových satelitních sítí, služeb a produktů pro velké podniky, vlády, providery, ale i malé firmy a koncové uživatele. Hughes vlastní a provozuje řadu podniků v USA, Evropě, Indii, Brazílii a přináší širokopásmové satelitní připojení spolu s neustále se rozrůstajícími řadami možných aplikací. Mezi hlavní zákazníky společnosti Hughes patří řada společností žebříčku „Fortune 1000“ a to prakticky ve všech odvětvích. HughesNet předplatitelů je nyní přes 500.000, což činí z Hughes největšího poskytovatele vysokorychlostního přístupu k satelitnímu internetu v USA.

Cenové relace odpovídají řešení. Telefonování drahé není a vzhledem k propojovacím cenám ostatních sítí je zřejmě volání např. mezi světadíly vždy levnější, než GSM. Můžete např. volat z Ameriky, Austrálie, Asie do ČR vždy za stejnou cenu, cca 30,-Kč/min. Přenos dat na IP sdíleném kanálu je dost drahý, služba není určena pro každého. Platí se součet přijatých i odeslaných dat, 1 MB je asi za 7 USD (≈148 Kč). Podobně ISDN a streaming stojí od 6 USD (≈127 Kč) do 30 USD (≈636 Kč)/min. Ceny běžných terminálů jsou od asi 1 500 USD (≈31 800 Kč) po 5 000 USD (≈106 000 Kč), vozidlové jednotky jsou výrazně dražší. Přenosy se uskutečňují v rámci nejrychlejší sítě BGAN, kterou provozuje společnost Inmarsat.



Obr. 23 Pokrytí družicemi Inmarsat I-4.[20]

Služba je tak určena zejména pro vládní účely – např. vojenské a záchranné operace, cestovatele po neosídlených územích, geology, těžařské společnosti, výzkumníky atd. Příkladem uživatelů z ČR je např. ČVUT, kdy je BGAN využíván pro přenos dat z ostrova James Ross poblíž Jižního pólu, doprovodná vozidla na rallye Dakar, Český Rozhlas odesílal streaming goril z Afriky, Armáda ČR je používá v zahraničních misích atd. Ve světě je nejširší využití pro novináře spol. jako CNN, Reuters, BBC. S terminálem velikosti notebooku mohou odesílat video rychlostí až 492 kbit/s z oblastí zasažených katastrofou, válečných konfliktů apod., kdy jiné komunikační kanály ani nejsou k dispozici.

6.1.1 Terminál Hughes 9201

Přístroj je branou do globální komunikace, umožňuje současnou hlasovou i datovou komunikaci přes USB, Ethernet, ISDN a WLAN rozhraní.



Obr. 24 Terminál Hughes 9201

Hlavní přednosti:

- 492 kb/s download i upload,
- ISDN hlas (4 kb/s),
- ISDN data (64 kb/s),
- umožňuje současné využívání všech rozhraní (Ethernet, USB, ISDN and WLAN),
- WLAN přístupový bod,
- více-uživatelské prostředí (až 11 uživatelů současně)
- IP streaming 32/64/128/256 kb/s

Robustní design terminálu umožňuje použití v extrémních povětrnostních a teplotních podmínkách po dlouhou dobu. Díky více-uživatelskému prostředí může Váš tým sdílet terminál najednou. Malá váha a rozměry umožní celému týmu rychlý pohyb z místa na místo a opětovné připojení během několika málo minut.

Další vlastnosti:

- úplná IP kompatibilita (email, FTP, VPN, internet),
- kompatibilní s následujícími VPN klienty: Cisco-VPN Client V1 nebo V2.6.3, Nortel-Contivity VPN Client V04_15.06, Netscreen-Remote Client 8.1, Checkpoint-V4.1 a SonicWall,
- poplatky pouze za přenesená data,
- jednoduchá a rychlá instalace a spuštění během několika minut,
- UMTS IP služby,
- ISDN doplňkové služby,
- certifikace FCC, CE a GMPCS

6.1.1.1 Technické specifikace**Rozhraní:**

- USB,
- Ethernet,
- WLAN (IEEE 802.11),
- ISDN (hlas i data).

Prostředí:

- Skladovací teplota: -25°C - +60°C,
- Operační teplota: -25°C - +60°C,
- IP krytí: IP55,

Výdrž baterie:

- Download: až 864 Mb
- Upload: až 162 Mb
- 36 hodin v pohotovostním režimu

Váha, rozměry:

- Rozměry: 275 x 345 x 50mm
- Váha: 2.5 kg i s baterií

6.1.1.2 Ekonomické zhodnocení

Podle aktuální nabídky jednoho z mála dodavatelů těchto technických komunikačních prostředků na český trh firmy NAVISAT Stadler, s.r.o. se sídlem v Praze je cena terminálu Hughes 9201 91 800,00 Kč s DPH (ke dni 1. 6. 2010).

V tomto případě jde hlavně o používání terminálu v nepřístupném terénu, oblastech bez běžného pokrytí a obecně kdekoli na cestách s potřebou mít možnost přístupu k síti. V takovém případě musíme uvažovat nad vhodnou potřebou napájení našich zařízení. Máme prakticky čtyři možnosti napájení:

- síťový adaptér,
- elektrocentrála (benzínový generátor),
- napájecí adaptér do auta,
- solární panely.

V prvním případě je zřejmé, že pro naše požadavky je takovýto způsob sám o sobě nevyhovující, jelikož potřebujeme být mobilní a pohybovat se mnohdy i v nepřístupném terénu, či v krajinách třetího světa kde můžou být běžné napájecí sítě na kilometry vzdálené nebo naprosto nedostupné a v takovém případě přichází na řadu malá kompaktní motorová elektrocentrála s dostatečnou zásobou paliva. Ceny malých elektrocentrál, které svými rozměry a výkonem postačují našim požadavkům, začínají okolo 10 000 Kč. Další

způsob již o poznání mobilnější jen s omezením být v blízkosti automobilu opět s dostatečnou zásobou paliva nebo v dosahu čerpací stanice, protože jak všichni víme, bez paliva nám automobil potřebný výkon k napájení nedodá. A konečně poslední možnost napájení prostřednictvím fotovoltaických článků. Tato varianta je zřejmě nejvhodnější pro použití v terénu. Ovšem je nutné brát v úvahu, že použití je závislé na počasí, a proto bych doporučoval na cesty tuto variantu v kombinaci s některou z dalších možností napájení.

Dále je potřeba zmínit, že integrovaná anténa nemusí být ve všech aplikacích tohoto zařízení dostačující, a proto výrobce dodává na trh i externí anténu.

Pro ukázkou bych rád uvedl ceny některých doplňkových produktů kompatibilních se zvoleným zařízením Hughes 9201 uváděné v ceníku firmy NAVISAT Stadler, s.r.o..

Tab. 9 Ceník firmy NAVISAT Stadler, s.r.o. (k 1. 6. 2010). [24]

Produkt	Cena s DPH
Sítový adaptér pro Hughes 9201	3 078,00 Kč
Napájecí adaptér do auta pro Hughes 9201	4 455,00 Kč
Solární panel 40W, 2.2Amp (dva panely)	26 086,80 Kč
Solární panel 60W, 3.3Amp (tři panely)	39 115,20 Kč
Externí anténa pro Hughes 9201	27 621,00 K
Náhradní Li-Ion baterie pro Hughes 9201	5 427,00 Kč

Služba INMARSAT BGAN je provozována společností INMARSAT pomocí stacionárních družic a pozemních stanic s konektivitou přes Telenor Satellite Services a/nebo France Telecom Mobile Satellite Communications. Ceny služeb a zařízení se řídí platným ceníkem, který může být měněn shodně s ceníky firmy Stratos, 6901 Rockledge Drive, Suite 900, Bethesda, MD 20817 USA. Firma NAVISAT Stadler, s.r.o. je autorizovaným distributorem služeb firmy Stratos v České republice a proto použiji ukázky jejich aktuálního ceníku pro demonstraci nabídky poskytovaných služeb.

K tomu abyste mohli využívat služeb INMARSAT BGAN je zapotřebí mít aktivovanou SIM kartu BGAN, které jsou dodávány s mnoha variantami tarifů nebo jako předplacené služby obdobné jaké známe u mobilních telefonů.

Tarifní služby

Těchto služeb existuje mnoho variant, a proto uvedu jen ty nejběžnější. Ovšem v případě specifických požadavků existuje možnost přizpůsobení služeb na míru. Musím jen připomenout, že ceny jsou uváděny v amerických dolarech (USD), ale uživatelům v česku jsou přepočítávány dle aktuálního kurzu na české koruny a jsou vyčísleny bez 19% DPH.

Tab. 10 Přehled tarifů dle ceníku firmy NAVISAT Stadler, s.r.o. (k 1. 6. 2010).[24]

Název tarifu	Měsíční poplatek	Volné Minuty	Volné MB	Cena za 1MB **
Standard plan	40,00 USD (≈848 Kč)	0 min.	0 MB	6,95 USD (≈147 Kč)
Basic plan *	50,00 USD (≈1060 Kč)	0 min.	0 MB	6,40 USD (≈136 Kč)
Entry plan	150,00 USD (≈3180 Kč)	0 min.	20 MB	6,30 USD (≈133 Kč)
Mid plan	500,00 USD (≈10 600 Kč)	30 min.	100 MB	5,40 USD (≈114 Kč)

* Basic plan neumožňuje služby ISDN a IP streaming.

Tab. 11 Přehled služeb dle ceníku firmy NAVISAT Stadler, s.r.o. (k 1. 6. 2010). [24]

Hlasové služby	Cena za 1 min.	Datové služby	Cena za 1 min.
Volání na pevnou linku	0,99 USD (≈21 Kč)	ISDN 64 kbps	5,50 USD (≈117 Kč)
Volání na GSM	1,10 USD (≈23 Kč)	Streaming 32kbps	2,90 USD (≈61 Kč)
Volání BGAN-BGAN	0,90 USD (≈19 Kč)	Streaming 64 kbps	6,00 USD (≈127 Kč)
Hlas. schránka	0,90 USD (≈19 Kč)	Streaming 128 kbps	11,50 USD (≈244 Kč)
SMS (max. 160 znaků)	0,50 USD(zpráva) (≈10,6 Kč)	Streaming 256 kbps	21,00 USD (≈445 Kč)

Datové přenosy jsou účtovány po 10 KB, za každé spojení je účtováno minimálně 50KB. Hlasové a streaming služby jsou účtovány po 15sec., za každé spojení je účtováno minimálně 30sec.

Předplacené služby

- Můžete si zvolit, jaké služby budou na SIM kartě aktivní: Hlas, SMS, Internet nebo kombinace těchto služeb.
- U předplacených SIM karet nejdou aktivovat služby jako IP streaming, statická IP adresa, ISDN a fax/audio 3.1.
- Jednotky jsou ze SIM karty strhávány v reálném čase.
- Předplacená SIM karta se dobíjí pomocí kupónů.
- Jednotlivá spojení jsou účtována po 10KB (datové služby) nebo 15 sec. (hlasové služby).
- Za každé spojení je účtováno minimálně 50KB (datové služby) nebo 30 sec. (hlasové služby).
- Každé použití služby strhne určitý počet jednotek z kreditu.

Tab. 12 Předplacené služby dle ceníku firmy NAVISAT Stadler, s.r.o.

(k 1. 6. 2010). [24]

Typ služby	jednotek	
Standard IP (internet)	9,5	za 1 MB
poslání SMS	0,5	za zprávu
Volání (do pevné sítě)	1,0	za minutu
Volání (do mobilní sítě)	1,2	za minutu
Volání na jiný BGAN/FBB/SBB	1,5	za minutu
Volání na Inmarsat B	3,4	za minutu
Volání na Inmarsat M	2,9	za minutu
Volání na Inmarsat Mini-M	2,5	za minutu
Volání na Inmarsat GAN/Fleet/Swift Voice	2,5	za minutu
Volání na Inmarsat Aero Voice	4,9	za minutu
Volání na Iridium	5,7	za minutu
Volání na Globalstar	5,7	za minutu
Volání na Thuraya	4,0	za minutu
Volání do jiných sítí	6,9	za minutu

- Jednotlivé dobíjecí kupóny mají různou dobu platnosti.
- Všechny nevyužité jednotky na konci platnosti propadají bez náhrady.
- Při dobíjení je platnost kreditu připočtena k aktuální platnosti kreditu na SIM kartě, celková maximální platnost je 24 měsíců.

Příklad: SIM karta obsahuje 250 jednotek kreditu s platností 6 měsíců. Po uplynutí 5 měsíců je na SIM kartě zůstatek 30 jednotek a je dobta kreditem 500 jednotek s platností 6 měsíců. SIM karta poté obsahuje 530 jednotek s platností 7 měsíců.

Tab. 13 Ceny kreditu dle ceníku firmy NAVISAT Stadler, s.r.o.

(k 1. 6. 2010). [24]

Kredit	Cena s DPH
25 jednotek pro INMARSAT BGAN	607,50 Kč
100 jednotek pro INMARSAT BGAN	2 308,50 Kč
1000 jednotek pro INMARSAT BGAN	22 477,50 Kč
2500 jednotek pro INMARSAT BGAN	54 675,00 Kč

6.2 Stacionární řešení

K sestavení návrhu systému, který by zajišťoval přenosy stavových informací od EZS zabezpečeného objektu, jsem se rozhodl využít služeb družicového komunikačního systému Iridium, který provozuje společnost Iridium Communications Inc. s hlavním sídlem ve městě McLean, Virginia, USA. Tato společnost zaměstnává přes 170 zaměstnanců a poskytuje hlasové a datové služby za spolupráce více než 200 kvalifikovaných distribučních partnerů po celém světě. Služby této společnosti jsem zvolil proto, že jsou jako jediné opravdu dostupné po celém světě, využívá je dokonce i Americké ministerstvo obrany a spousta mezinárodních vládních agentur a nabízejí neoptimalnější řešení, které skvěle vyhovuje takovéto aplikaci jak cenově tak i technicky.

Prostředky k realizaci návrhu systému jsem zvolil následující:

- Iridium 9602 SBD transceiver,
- Externí anténa AT1621-73D,
- 10 m Iridium Cable Kit.

6.2.1 Iridium 9602 SBD transceiver

Iridium 9602 je plně duplexní modem, který je navržen pro přenosy krátkých datových dávek ve službě Iridium SBD. Toho se dá využít především v M2M aplikacích. Zkratku M2M lze vysvětlit několika způsoby: machine-to-machine, man-to-machine, mobile-to-machine, ale vždy jde o komunikaci mezi lidmi, zařízeními a systémy. Aplikace M2M ve vztahu k mobilním telekomunikačním sítím tedy znamená bezdrátovou výměnu informací

mezi technologickými jednotkami. Tedy například sledování námořních plavidel, zařízení na monitorování a automatické vyhledávání vozidel, sledování vojáků a vojenských sil v oblasti, podniková logistika, sledování dodavatelského řetězce, přenos telemetrie z bezobslužných senzorů a nespočet dalších, se kterými se v posledních několika letech podstatně rozrostl trh. Na následujícím obrázku je zobrazen Iridium SBD přenos používaný v komerčním sektoru za dobu jednoho měsíce. Z obrázku je zřejmé, v jak hojně míře se těchto služeb Iridium SBD využívá. Podle agentury TMF Associates se očekává nárůst počtu uživatelů z 1,5 miliónu v listopadu 2009 na více než 3,1 miliónu aktivních terminálů do konce roku 2013.



Obr. 25: Použití služby Iridium SBD za dobu jednoho měsíce. [18]

Unikátní vlastností Iridium 9602 je jeho vestavěný GPS vstupní/výstupní port, který umožňuje propojení s externím přijímačem GPS a s použitím jediné dvoupásmové antény využívat současně služeb GPS i Iridium SBD. Tím tak tento modem umožňuje ve svých aplikacích dosáhnout větší úspory nákladů na anténách.

Plně duplexní datové spojení poskytované modemem Iridium 9602 umožňuje obousměrnou komunikaci uživatele se vzdálenými zařízeními, což uživatelům umožňuje přeprogramovat jednotku a přizpůsobit ji na základě svých požadavků pouze k přenosům konkrétních dat, které vyžadují a hlavně v jakých intervalech přenosy vyžadují. To rovněž umožňuje rychlejší reakci operačních středisek, k poskytnutí pomoci a určení polohy v případě vyslání signálu nouze, či poplachu z monitorovaných zařízení.

6.2.1.1 Technické specifikace



Obr. 26: Iridium 9602.[18]

Mechanické rozměry:

- Délka: 41,0 mm;
- Výška: 45,0 mm;
- Šířka: 13 mm;
- Váha: 30 g.

Specifikace prostředí:

- Operační teplota: -40°C až + 85°C;
- Operační vlhkost vzduchu: 75%;
- Skladovací teplota: -40°C až + 85°C;
- Skladovací vlhkost vzduchu: 93%.

Radio-frekvenční parametry:

- Frekvenční rozsah: 1616 MHz až 1626,5 MHz;
- Duplexní metoda TDD;
- Vstupní/Výstupní impedance: 5Ω;
- Přístupový multiplex TDMA/FDMA.

Stejnoseměrné napájení:

- Nečinný proud (průměrný): 45 mA;
- Nečinný proud (špičkový): 45 mA;
- Vysílací proud (průměrný): 195 mA;
- Vysílací proud (špičkový): 1,5 A;
- Přijímací proud (průměrný): 45 mA;

- Přijímací proud (špičkový): 195 mA;
- SBD přenos – průměrný proud: 190mA;
- SBD přenos průměrný výkon: 1 W.

Hlavní přednosti:

- Není nutná SIM karta;
- Velmi malé rozměry;
- Vyhovuje RoHS;
- Malá latence.

Rozhraní:

- Hardware: Sběrnice RS232;
- Software: AT příkazy.

6.2.2 Externí anténa AT1621-73D

Obr. 27: Externí anténa.[18]

6.2.2.1 Technické specifikace**Mechanické rozměry:**

- Průměr: 8.3 cm;
- Výška: 18.7 cm;
- Váha 226,79 g.

Specifikace prostředí:

- Operační teplota: -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$.

Rozhraní:

- Konektor TNC samice.

Radio-frekvenční parametry:

- Impedance: 50Ω ;
- VSWR (Poměr stojatých vln) méně než 2:1;
- Frekvenční rozsah: 1616 MHz až 1626,5 MHz;
- Církulární polarizace podle pravé ruky;
- Axial Ratio 4 dB Max.

6.2.3 Speciální koaxiální kabel

Obr. 28: Cable kit SKN612B C2-NmNF

6.2.3.1 Technické specifikace**Mechanické parametry:**

- Délka: 10 m.

Stejnoseměrné napájení:

- Vstupní napětí: 10,8 V až 33 V (nominální 13,6 V).
- Proud: 0 až 3,6 A;
- Proud (špičkový): 4 A.

Specifikace prostředí:

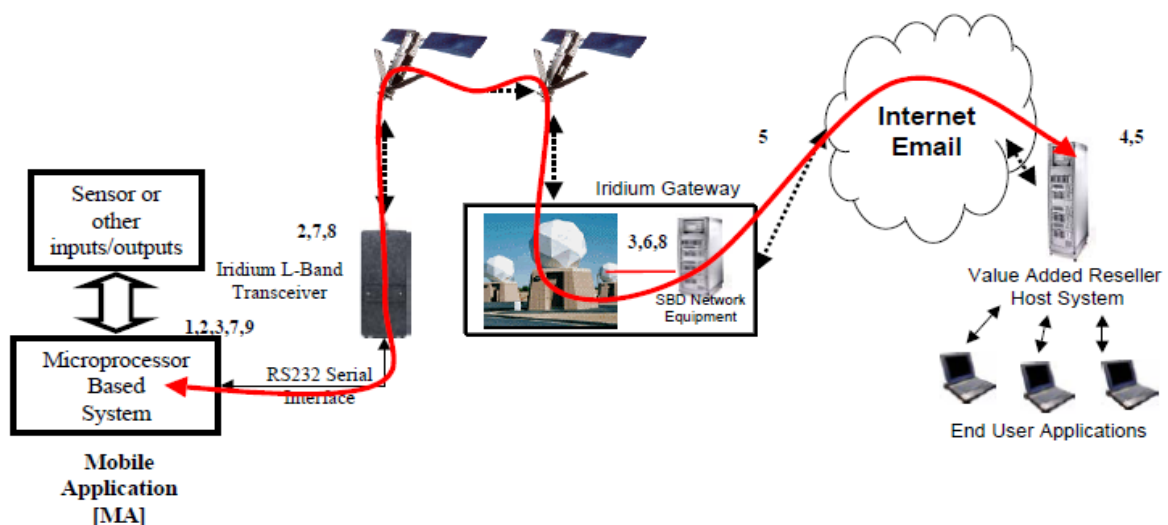
- Operační teplota: -40°C to +85°C.

Popis služby Iridium SBD

Služba Iridium SBD (Short Burst Data) je efektivní síťový protokol, který je navržen pro přenosy malých objemů dat přes síť Iridium na principu přepojování okruhů. SBD využívá proprietárního síťového protokolu pro přenosy zpráv z a do terminálů.

Komunikace obecně probíhá ve dvou směrech. Zprávy od aplikace k uživateli (MO-SBD) a obráceně (MT-SBD). V prvním případě aplikace komunikuje s LBT za použití AT příkazů přes sběrnici RS232, kdy se načte do LBT datová zpráva určená k odeslání a přes družicovou síť Iridium se přenese do hlavní Iridium brány na povrchu. Odtud jsou zprávy dále doručovány prostřednictvím emailu do počítačového systému poskytovatele Iridium služeb, kde jsou uloženy v databázi pro další přenos k zákazníkovi prostřednictvím pozemní sítě. V druhém případě jsou zprávy od zákazníka posílány přes počítačový systém poskytovatele do hlavní Iridium brány, odkud jsou odeslány přes družicovou síť Iridium k LBT a následně přes sběrnici RS232 předány aplikaci.

Maximální velikost zprávy MO-SBD je 1960 bajtů a maximální velikost MT-SBD zprávy je 1890 bajtů. Zpoždění globální sítě mezi vysláním a doručením zprávy je přibližně 5 sekund v případě těch nejkratších možných přenášených zpráv a asi 20 sekund u zpráv s maximální přípustnou délkou. Ovšem tyto časové intervaly jsou pouze v síti Iridium, další latence vzniká v pozemních sítích a počítačových systémech zákazníků.



Obr. 29: Schéma přenosu SBD zpráv. [18]

6.2.3.2 Ekonomické zhodnocení

Cena modemu záleží na případných dalších službách dojednaných mezi poskytovatelem služeb sítě a zákazníkem. Při kontaktování firmy Satcom Direct Inc. mi byla sdělena cena začínající na 400 USD (\approx 8500 Kč).

Ceny dalších potřebných prvků jsou podle ceníku společnosti Satcom Direct Inc., která je oficiálním distribučním partnerem produktů společnosti Iridium Communications Inc., následující.

Tab. 14 Ceny společnosti Satcom Direct Inc. k 1. 6. 2010. [21]

Produkt	Cena bez DPH
Iridium 9602 SBD Transceiver	400 USD (\approx 8500 Kč)
Externí anténa AT1621-73D	185 USD (\approx 3900 Kč)
10 m Iridium Cable Kit	280 USD (\approx 5900 Kč)

Ceny služeb

Tab. 15 Ceník služeb Iridium SBD. [24]

Služba	1-10 aktivací	11-50 aktivací	>51 aktivací
SBD – základní balíček			
Aktivační poplatek	Zdarma	Zdarma	zdarma
Měsíční poplatek	24 USD	22 USD	20 USD
Cena za 1000 bajtů	1.30 USD	1.20 USD	1.10 USD
SBD - prémiový balíček	(v ceně 12000 bajtů/ měsíc)		
Aktivační poplatek	45 USD	42 USD	39 USD
Měsíční poplatek	28 USD	26 USD	24 USD
Cena za 1000 bajtů	1.30 USD	1.20 USD	1.10 USD

Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech (USD) bez DPH.

Datové modemy sítě IRIDIUM jsou aktivovány na dobu minimálně 1 měsíce ode dne aktivace. V případě žádosti o deaktivaci služby je nutné tuto skutečnost nahlásit minimálně 1 měsíc dopředu.

Short burst data (SBD): minimální velikost zprávy (pro zúčtování) je 30 bajtů pro základní balíček a 10 bajtů pro prémiový balíček, s inkrementy po jednotlivých bajtech (cena je zaokrouhlována nahoru na centy).

V případě použití datového modemu Iridium 9602 k přenosu stavových informací od ústředny EZS zabezpečeného objektu jej lze nastavit do režimu podobného běžnému

telefonnímu modemu – vytáčené spojení, použití AT příkazů. Pokud se používá takového druhu spojení, posílají se zprávy pouze při události, která je naprogramovaná pro přenos – zapnutí, vypnutí, porucha, poplach, atd. Počet relací závisí na výskytu událostí naprogramovaných pro přenos. Pokud nedojde k žádné události, obvykle se přenáší jedna až dvě testovací zprávy za den. Perioda těchto přenosů je závislá na charakteru zabezpečovaného objektu a požadavcích ze strany zákazníka, či majitele takového objektu.

Ohledně objemu přenášených dat, které ústředna EZS poskytuje k přenosu, jsem se informoval u technické podpory firmy ADI Global a Jablotron alarms a.s. Objem užitečných dat přenášených při jedné relaci bude tedy řádově 100 až 200 bajtů. Další data budou přenášena pro sestavení spojení. To znamená, že celkový objem přenášených dat při jedné relaci nepřesáhne 500 bajtů. Tato hodnota je mírně nadsazená, ale pro naše orientační výpočty je zcela postačující. Přesná hodnota by se dala určit až v konkrétním reálném případě.

Pokusím se uvést příklad, při kterém si stanovím, že stavové informace od ústředny se budou vysílat každých 12 hodin. To by znamenalo 1000 bajtů za den a 30000 bajtů za měsíc. Při současných cenách dle platného ceníku za služby Iridium SBD při využívání základního balíčku by to znamenalo poplatek ve výši 1,3 USD ($\approx 27,50$ Kč) pouze za přenosy za den a 39 USD (≈ 826 Kč) za měsíc bez měsíčního poplatku. To dělá v konečném součtu i s měsíčním poplatkem za využívání služeb 63 USD (≈ 1335 Kč). Při využívání prémiového balíčku kdy je v ceně 12000 bajtů, ale počáteční aktivace služby činí 45 USD (≈ 954 Kč). V našem případě by to znamenalo 18000 bajtů nad rámec poskytovaný prémiovým balíčkem, a tudíž poplatek 23,4 USD (≈ 496 Kč) pouze za přenosy za měsíc. Společně s měsíčním poplatkem by se jednalo o 51,4 USD (≈ 1090 Kč) za služby měsíčně. Z rozdílů cen vyplývá, že i přes počáteční aktivační poplatek je pro takovéto přenosy od ústředny EZS zabezpečeného objektu vhodnější volbou prémiový balíček služeb.

Jelikož jsem se nezabýval konkrétním objektem a jeho osazením technickými prostředky umožňující jeho střežení, uvedu alespoň orientační cenu a příklad ústředny EZS, která by zajišťovala střežení objektu a je vhodná pro použití v kombinaci se satelitním modemem Iridium 9602. Takovým požadavkům by vyhovovala například ústředna GALAXY GD-48, kterou vyrábí firma MICROTECH. Nebudu vypisovat technické parametry, ale její cena se na trhu pohybuje od 13 000 Kč.

ZÁVĚR

Z návrhů modelových systémů je patrné, že možnosti a varianty, jak zajistit požadované komunikační služby v odlehlých oblastech po technické stránce, jsou s dnešní širokou nabídkou produktů na trhu obrovské. Je ovšem velice důležité zhodnotit zdali se nám do případné realizace konkrétní aplikace vyplatí investovat nemalé částky.

Navrhl jsem dvě řešení případných aplikací. V prvním případě se jedná o zajištění hlasové a vysokorychlostní konektivity pro malé mobilní skupiny, včetně kompletního technického řešení a ekonomického zhodnocení hardwarových a provozních nákladů.

Mobilní technické prostředky jsem zvolil od renomovaného výrobce, jelikož nabízí kvalitní robustní terminály využívající služeb moderního komunikačního systému Inmarsat BGAN, které svými parametry vyhovují našim požadavkům a jsou jedny z nejprodávanějších na trhu. Z toho se dá i očekávat kvalitní technická podpora v případě problému, či jakékoli poruchy a podobně.

Celá sestava zahrnuje terminál Hughes 9201, externí anténu, síťový adaptér, napájecí adaptér do auta, solární panely a elektrocentrálu. Taková sestava se podle aktuálních ceníků dá pořídit za cenu okolo 150 000 Kč. Ovšem provozní náklady se přímo odvíjejí od množství přenesených dat v konkrétní aplikaci takového systému podle ceníků služeb, které v práci uvádím. Jen pro přehled jedna minuta volání je asi za 20-30 Kč a 1MB dat asi za 200 Kč.

Druhý navrhovaný systém popisuje realizaci zabezpečení objektu mimo dosah běžných komunikačních sítí pomocí satelitního modemu, který přenáší krátké stavové informace od ústředny EZS zabezpečeného objektu. Po technické stránce zajišťuje přenosy zpráv od ústředny EZS satelitní modem Iridium 9602 přes komunikační síť Iridium. Náklady na hardwarovou realizaci projektu by se pohybovaly včetně ústředny EZS okolo 35 000 Kč v tom nejjednodušším možném provedení a provozní náklady okolo 1100 Kč měsíčně.

Je důležité zmínit, že se jedná o velmi zajímavou perspektivní problematiku a je nezbytné se jí i nadále věnovat a sledovat jak se bude i nadále rozvíjet technologická základna těchto systémů a rozšiřující se spektrum uplatnění v různých aplikacích běžného života. Největší výhodou aplikací využívajících družicových spojů je jejich flexibilita a dosažitelnost téměř kdekoli.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The design of model systems shows that the possibilities to provide the required communications services in remote areas are huge with today's broad product offering in the market. But on the beginning is very important evaluate whether we should invest the initial costs.

I suggested two possible solutions. First case is to provide voice and high-speed connectivity for small mobile groups, including the complete technical solution and economic evaluation of hardware and operating costs.

I chose mobile technical resources from the reputable manufacturer, as it offers high-quality robust terminals which using the services of a modern communications system, Inmarsat BGAN. Their parameters satisfy our requirements and terminals are one of the best on the market. It can also expect high-quality technical support.

The entire assembly includes Hughes 9201 terminal, external antenna, power adapter, power adapter into the car, solar panels and generator. Such the assembly is based on current price lists and it can be purchased for around the price of CZK 150 000. Operating costs are directly derived from the amount of data transferred in a specific application of such a system according to price list. Just for overview: one minute call cost about 20 to 30 CZK and 1 megabyte of data cost about 200 CZK.

The second system describes the implementation of the security building outside the reach of conventional communications network via satellite modem, which transmits a short status information from electronic security system. The transmission of messages from building is technically ensured via satellite modem Iridium 9602 via the Iridium communications network. The hardware implementation cost would move about 35 000 CZK in the simplest possible implementation and operating costs are about 1100 CZK per month.

It is important to note that this is a very interesting and perspective topic. Is essential to continue in watching, how it will continue to develop and how it will be expanding in range of various applications of everyday life. The biggest advantage of using satellite communication applications is their flexibility and availability almost anywhere.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Jandoš, Jaroslav: Komunikační systémy a služby. Praha 1995, ISBN 80-7079-282-5.
- [2] Corazza, Giovanni E.: Digital satellite communications. New York: Springer 2007, ISBN 978-0-387-2563-4.
- [3] Hrdina, Z., Pánek, P., Vejražka, F.: Rádiové určování polohy. (Družicový systém GPS). Vysokoškolské skriptum, ČVUT Praha, 1996. 267 stran.
- [4] Nawrocki, Waldemar: Measurement systems and sensors. Artech House, Inc. 2005, ISBN 1-58053-945-9.
- [5] Minoli, Daniel: Telecommunications technology handbook. Artech House, Inc. 1991, ISBN 0-89006-425-3.
- [6] PUŽMANOVÁ, Rita. Satelitní komunikace, navigace a lokalizace. *SECURITY MAGAZÍN*. 4/2008, roč. XV., č. 84, s. 8-21. ISSN 1210-8723.
- [7] SEDLÁK, Vladimír, et al. Galileo : nový globální družicový navigační systém a jeho perspektivy pre bezpečnosť ľudského potenciálu. *SECURITY MAGAZÍN*. 4/2008, roč. XV., č. 84, s. 23-27. ISSN 1210-8723.
- [8] KASAL, Miroslav. *Směrové a družicové spoje*. Brno, 2005. 107 s. Přednášky. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektroniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky. ISBN 80-214-2496-6.
- [9] ŠEBESTA, Jiří. *Radiolokace a radionavigace*. Brno, 2004. 133 s. Přednášky. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektroniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky. ISBN 80-214-2482-6.
- [10] RUMÁNEK, Jaroslav. Družicové komunikační systémy. *Elektrorevue*. 2007, č. 37, s. 1-13. ISSN 1213-1539.
- [11] *Encyklopedie elektromagnetické kompatibility* [online]. c2009 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=home>>.
- [12] *Space Technologies and Satellite Systems Department* [online]. 2009 [cit. 2010-06-01]. Evropská „podpurná“ geostacionární navigační služba. Dostupné z WWW: <<http://www.spacedepartment.cz/wiki/EGNOS>>.

- [13] *Space Technologies and Satellite Systems Department* [online]. 2009 [cit. 2010-06-01]. Galileo – Globální družicový polohový systém. Dostupné z WWW: <<http://www.spacedepartment.cz/wiki/GALILEO>>.
- [14] ŠUNKEVIČ, Martin. *Česká kosmická kancelář* [online]. c2006 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.czechspace.cz/cs/galileo>>.
- [15] *ESSP* [online]. c2008 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.essp-sas.eu/home>>.
- [16] *Atrexx* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. SCPC Single Channel per Carrier. Dostupné z WWW: <<http://scpc-single-channel-per-carrier.atrexx.com/>>.
- [17] *ORBCOMM* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.orbcomm.com/>>.
- [18] *Iridium Satellite Communications* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.iridium.com/>>.
- [19] *Thuraya* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.thuraya.com/>>.
- [20] *Inmarsat : The mobile satellite company* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.inmarsat.com/>>.
- [21] *Aircraft Satellite Communications* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.satcomdirect.com/main/home>>.
- [22] VECEK, Petr. *Satkom.cz* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://satkom.cz/>>.
- [23] *INTV : satelitní komunikace, internet, datové přenosy, TV* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.intv.cz/>>.
- [24] *NAVISAT Stadler s.r.o.* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.navisat.cz/>>.
- [25] *Hughes* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.hughes.com>>.
- [26] *CNES* [online]. c2008 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.cnes.fr/>>.
- [27] *International Cospas-Sarsat Programme* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.cospas-sarsat.org>>.

- [28] *ESA Portal* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.esa.int/esaCP/index.html>>.
- [29] IPsec. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 29. 5. 2006, 14:00, last modified on 15. 5. 2010, 14:24 [cit. 2010-06-09]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/IPsec>>.
- [30] *GLONASS* [online]. 2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.glonass-ianc.rsa.ru>>.
- [31] *Los Angeles Air Force Base* [online]. 2010 [cit. 2010-06-01]. Global Positioning System. Dostupné z WWW: <<http://www.losangeles.af.mil/library/factsheets/factsheet.asp?id=5325>>.
- [32] *Union of Concerned Scientists* [online]. 2010 [cit. 2010-06-01]. UCS Satellite Database. Dostupné z WWW: <http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/space_weapons/technical_issues/ucs-satellite-database.html>.
- [33] *DVB* [online]. c2003 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.dvb.org>>.
- [34] *Globalstar* [online]. c2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.globalstar.com/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAI	American Association of Immunologists
ACK	Acknowledgement
AH	Autentication Header
ALC	Adaptive Linear Coding
AMPS	Advanced Mobile Phone System
AOR-E	Atlantic Ocean Region East
AOR-W	Atlantic Ocean Region West
APSK	Asymmetric Phase-shift keying
ASQF	Application Specific Qualification Facility
AT	Attention
BGAN	Broadband Global Area Network
BSA	Broadband Satellite access
CDMA	Code Division Multiple Access
CNES	Centre National d'Études Spatiales
COSPAS	Cosmicheskaya Sistema Poiska Avarynyh Sudov
CS	Control Segment
DAMA	Demand Assigned Multiple Access
DASS	Distress Alerting Satellite System
DSL	Digital Subscriber Line
DVB-DSNG	Digital Video Broadcasting – Digital Satellite News Gathering
DVB-RCS	Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite
DVB-S2	Digital Video Broadcasting - Satellite - Second Generation
EC	European commission
EDAS	EGNOS Data Access Server

EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
EIRP	Equivalent isotropically radiated power
ELT	Emergency Locator Transmitter
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMI	Electromagnetic Interference
EMS	Electromagnetic Susceptibility
EPIRB	Emergency Position Indicating Radio Beacons
ESA	European Space Agency
ESP	Encapsulating Security Payload
EU	European Union
EZS	Elektrické zabezpečovací systémy
FCC	Federal Communications Commission
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FEC	Forward Error Correction
GAGAN	GPS Aided Geo Augmented Navigation
GEO	Geosynchronous Earth Orbit
GMPCS	Global Mobile Personal Communications by Satellite
GmPRS	Geo Mobile Packet Radio Service
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellites
GSA	General Services Administration
GSM	Global System for Mobile Communications
HTML	HyperText Markup Language
ICAO	International Civil Aviation Organization
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMO	International Maritime Organization

INSAT	Indian National Satellite
IOR	Indian Ocean Region
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISRO	Indian Space Research Organisation
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
LBT	L-Band Terminal
LEO	Low Earth Orbit
LLC	Logical Link Control
LUT	Local User Terminal
MCC	Mission Control Centre
MEO	Medium Earth Orbit
MO-SBD	Mobile Originated - Short Burst Data
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System
MT-SBD	Mobile Terminated - Short Burst Data
MTU	Maximum transmission unit
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NAVSAT	Navy Navigation Satellite System
NCS	Network Control Station
NLES	Navigation Land Earth Stations
OS	Open Service
PAMA	Permanently Assigned Multiple Access
PKI	Public Key Infrastructure
PLB	Personal Land Base
PLMN	Public land mobile network
PSK	Phase Shift Keying

PSTN	Public switched telephone network
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RCC	Rescue Coordination Centre
RFC	Request for Comments
RFID	Radio Frequency Identification
RIMS	Ranging and Integrity Monitoring Stations
SACK	Satellite Acknowledgement
SaR	Search and Rescue
SARSAT	Search And Rescue Satellite-Aided Tracking
SBAS	Satellite-Based Augmentation System
SBD	Short Burst Data
SCPC	Single Channel Per Carrier
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
SoL	Safety of Life service
SOPS	Standard Operating Procedures
SPCC	Service Provider Control Centre
SPOC	Search and Rescue Points Of Contacts
SS	Space Segment
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time-Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
TNC	Terminal Node Controller
UAE	United Arab Emirates

UDP	User Datagram Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
US	User Segment
USB	Universal Serial Bus
UTC	Coordinated Universal Time
VoIP	Voice over Internet Protocol
VPN	Virtual Private Network
VSAT	Very Small Aperture Terminal
WAAS	Wide Area Augmentation System
WGS	World Geodetic System
WLAN	Wireless Local Area Network
XML	Extensible Markup Language

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Útlum signálu za deště.</i> [23].....	14
<i>Obr. 2 Tvary a rozměry oběžných drah.</i>	15
<i>Obr. 3 Rozdělení družic na oběžných drahách.</i> [32]	17
<i>Obr. 4 Odhady vesmírných prostředků k 4. 1. 2010.</i> [32].....	17
<i>Obr. 5 Principy vícestranného přístupu k satelitnímu transpondéru a) FDMA, b) TDMA, c) CDMA.</i> [8].....	19
<i>Obr. 6 Schéma DVB-RCS.</i> [33]	22
<i>Obr. 7 Struktura systému Iridium.</i> [10].....	28
<i>Obr. 8 Konstelace a pokrytí družic Iridium.</i> [18].....	29
<i>Obr. 9 Struktura systému Globalstar.</i> [10].....	30
<i>Obr. 10 Konstelace a pokrytí družic Globalstar.</i> [34]	31
<i>Obr. 11 Pokrytí systému Thuraya.</i> [19].....	33
<i>Obr. 12 Konstelace a pokrytí systému Orbcomm.</i> [17].....	34
<i>Obr. 13 Struktura komunikačního řetězce systému Orbcomm.</i> [17].....	35
<i>Obr. 14 Rozložení trhu s VSAT.</i> [25]	36
<i>Obr. 15 Princip činnosti systému Cospas-Sarsat.</i> [27].....	38
<i>Obr. 16 Družice na dvou oběžných drahách.</i> [27].....	39
<i>Obr. 17 MCC ve francouzském Toulouse.</i>	41
<i>Obr. 18 Tísňové majáky.</i>	41
<i>Obr. 19 Znázornění postupu zprávy od majáků.</i> [27]	42
<i>Obr. 20 Stanice EGNOS.</i> [14]	47
<i>Obr. 21 Oblasti pokrývající signál systému EGNOS.</i> [15].....	49
<i>Obr. 22 SBAS systémy ve světě.</i> [14]	51
<i>Obr. 23 Pokrytí družicemi Inmarsat I-4.</i> [20]	60
<i>Obr. 24 Terminál Hughes 9201</i>	60
<i>Obr. 25: Použití služby Iridium SBD za dobu jednoho měsíce.</i> [18]	67
<i>Obr. 26: Iridium 9602.</i> [18]	68
<i>Obr. 27: Externí anténa.</i> [18].....	69
<i>Obr. 28: Cable kit SKN612B C2-NmNF</i>	70
<i>Obr. 29: Schéma přenosu SBD zpráv.</i> [18].....	71

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Přehled používaných kmitočtů.</i>	12
<i>Tab. 2 Přehled úprav TCP pro bezdrátovou komunikaci. [6]</i>	21
<i>Tab. 3 Příklad srovnání DVB-S a DVB-S2 pro TV vysílání. [33]</i>	23
<i>Tab. 4 Pásmo systému Iridium. [10]</i>	29
<i>Tab. 5 Pásmo systému Globalstar. [10]</i>	31
<i>Tab. 6 Kmitočtová pásma a rychlost datového přenosu systému Thuraya.[19].....</i>	33
<i>Tab. 7 Kmitočtová pásma a rychlost datového přenosu systému Orbcomm. [17]</i>	35
<i>Tab. 8 Základní informace o družicích systému Cospas-Sarsat. [27]</i>	40
<i>Tab. 9 Ceník firmy NAVISAT Stadler, s.r.o. (k 1. 6. 2010). [24]</i>	63
<i>Tab. 10 Přehled tarifů dle ceníku firmy NAVISAT Stadler, s.r.o. (k 1. 6. 2010).[24]</i>	64
<i>Tab. 11 Přehled služeb dle ceníku firmy NAVISAT Stadler, s.r.o. (k 1. 6. 2010). [24]</i>	64
<i>Tab. 12 Předplacené služby dle ceníku firmy NAVISAT Stadler, s.r.o.....</i>	65
<i>Tab. 13 Ceny kreditu dle ceníku firmy NAVISAT Stadler, s.r.o.....</i>	66
<i>Tab. 14 Ceny společnosti Satcom Direct Inc. k 1. 6. 2010. [21]</i>	72
<i>Tab. 15 Ceník služeb Iridium SBD. [24]</i>	72