

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

ŠIROKOPÁSMOVÉ DRUŽICOVÉ SYSTÉMY - SLUŽBY A
APLIKACE V LETECKÉ DOPRAVĚ

Broadband Satellite Systems - Services and Applications in Air
Traffic

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Hana Chudá
prof. Ing. Rudolf Volner, CSc.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Hana Chudá**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 40 Letecká doprava
Téma: **Širokopásmové družicové systémy - služby a aplikace v letecké dopravě**
Broadband Satellite Systems - Services and Applications in Air Traffic

Zásady pro vypracování:

Analýza současného stavu.
Rozbor možností aplikací a služeb.
Využití pro zvýšení úrovně služeb v letecké dopravě.

Seznam doporučené odborné literatury:

Žurovič, S., Volner, R., Trunkvalter, M., Vejražka, F. Družicové systémy. Žilina: Edičné stredisko, Žilinská univerzita. 1997. ISBN 80 - 7100 - 400 - 6. 307 str.,
Volner, R. Letecká pohyblivá družicová služba. Praha: ČVUT Praha, Fakulta dopravní. Akademické nakladatelství CERM, sro. Brno. 2003. ISBN 80-7204-293-9. 149 str.
Volner, R.: Zabezpečovací letecká technika – Družicové systémy, elektronická verze, Ostrava. 2011, OPVK CZ.1.07/2.3.00/09.0147

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Rudolf Volner, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užití své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své 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 předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Hana Chudá

Adresa trvalého pobytu autora práce: Malá Morávka 62, 793 36

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

CHUDÁ, H. *Širokopásmové družicové systémy - služby a aplikace v letecké dopravě: diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, 84 s. Vedoucí práce: Volner, R.

Tato diplomová práce pojednává o současných možnostech širokopásmových družicových systémů – jejich službách a aplikacích určených pro použití v letecké dopravě. Popisuje způsoby jimiž mohou být multimédia nápomocna tomuto odvětví. Zaměřuje se na možnosti multimediálních datových přenosů pomocí satelitů v rámci palubních systémů. Tuto problematiku zahrnuje popis jejich stavby, popisy funkcí a použití. Popsuje roli a vliv těchto systémů pro zvýšení úrovně služeb v letecké dopravě. Mezi těmito možnostmi se práce zaměřuje na technologie in-flight entertainment. Práce rovněž zahrnuje porovnání zařízení na palubách letadel Airbus 380 a Boeing 787.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

CHUDÁ, H. *Broadband Satellite Systems - Services and Applications in Air Traffic: Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, 84 p. Thesis head: Volner, R.

This thesis deals with the current possibilities of broadband satellite systems - their services and applications intended for use by aviation. It describes ways in which multimedia can assist for this industry. As well, this thesis shows the possibilities of multimedia data transmission for on-board equipments via satellites. These include the areas of their structure, function and application. It describes the role and influence of these systems and how they can raise the level of air transport services. Among these options, the work focuses on technology in-flight entertainment. This thesis also covers comparing the equipment on board the Airbus 380 and Boeing 787.

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Rudolfu Volnerovi, CSc., vedoucímu mé diplomové práce, za odborné rady, cenné připomínky a trpělivost při tvorbě práce.

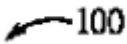
Obsah

OBSAH	7
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	9
SEZNAM OBRÁZKŮ	11
CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	13
1. ÚVOD	14
2. CO JSOU TO MULTIMEDIÁLNÍ SYSTÉMY A JEJICH VYUŽITÍ V LETECKÉ DOPRAVĚ ?	15
2.1 CHARAKTERISTIKA MULTIMÉDIÍ.....	15
2.2 MULTIMEDIÁLNÍ APLIKACE	16
2.3 SÍŤ ATN	19
2.3.1 CADIN - X.25	19
2.3.2 CADIN – IP	20
2.4 AMSS (AERONAUTICAL MOBILE SATELLITE SERVICE).....	21
2.5 IN – FLIGHT ENTERTAINMENT AND CONNECTIVITY	22
2.5.1 Technologie poskytující internet a televizi na palubách letadel.....	22
2.5.2 Wi – Fi	29
2.5.3 Mobilní telefony na palubách letadel.....	35
3. CO JE ŠIROKOPÁSMOVÉ PŘIPOJENÍ A CO ZNAMENÁ SATELITNÍ ŠIROKOPÁSMOVÉ PŘIPOJENÍ?.....	36
3.1 ZÁKLADNÍ PRINCIP ATM.....	38
3.2 DRUŽICOVÉ ATM SÍTĚ	40
4. ŠIROKOPÁSMOVÉ DRUŽICOVÉ SYSTÉMY A JEJICH SLUŽBY VYUŽÍVANÉ V LETECKÉ DOPRAVĚ	43
4.1 ROZSAH ŠIROKOPÁSMOVÝCH FREKVENCÍ.....	43
4.2 VESMÍRNÝ SEGMENT	44
4.3 PALUBNÍ SEGMENT	46
4.4 POZEMNÍ SEGMENT	47
4.5 ŘÍDÍCÍ SEGMENT	48
4.6 POSKYTOVATELÉ SATELITNÍHO PŘIPOJENÍ	50

4.6.1	<i>INMARSAT</i>	50
4.6.2	<i>EUTELSAT</i>	54
4.6.3	<i>INTERSPUTNIK</i>	55
5.	SPOLEČNOSTI POSKYTUJÍCÍ TECHNOLOGIE IN-FLIGHT ŠIROKOPÁSMOVÉHO PŘIPOJENÍ	58
5.1	PANASONIC AVIONICS CORPORATION	59
5.2	THALES GROUP	61
5.3	ROCKWELL COLLINS	62
5.4	LIVETV.....	63
5.5	ROW 44	64
6.	TECHNOLOGIE NA PALUBÁCH LETADEL	66
6.1	TECHNOLOGIE BOEINGU 787	67
6.2	AIRBUS A380	72
7.	BUDOUCÍ ROZVOJ ŠIROKOPÁSMOVÝCH TECHNOLOGIÍ A JEJICH VYUŽITÍ PRO ZVÝŠENÍ ÚROVNĚ SLUŽEB V LD	75
8.	ZHODNOCENÍ CÍLŮ	78
9.	ZÁVĚR	79
10.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	82

Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratka	Anglický význam	Český význam
A/C	Acceptor Control	Obvod řízení přijímače dat
AAA	Authentication, authorization and accounting	Autentizace, autorizace a účtování
AAC	Aeronautical administrative communications	Letecké administrativní spojení
ADS	Automatic Dependent Surveillance	Automatický závislý přehledový systém
AES-128	Advanced Encryption standard-128	Šifrovací standart
AIU	Antenna interface unit	Anténní rozhraní
AMMS	Aeronautical Mobile Satellite Service	Letecká pohyblivá družicová služba
AOC	Aeronautical operational control	Letecká operační kontrola
APC	Air Passenger Communications	Letecké spojení pro cestující
APPL	Application	Aplikace
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Asynchronní přenosový režim
ATS	Air Traffic Services	Letové provozní služby
B-MAC	B-Multiplexed Analogue Components	Identifikátor síťového zařízení
BPSK	Binary Phase Shift Keying	Binární – fázové klíčování
CAD/CAM	Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing	Technické programy CAD/CAM
CCK	Complementary Code Keying	Doplňkové kódové klíčování
CEPT-E1	The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations- E1	Technologie pro přenos hlasových kanálů na rozhraní E1 či dvoumegabit
CMHN	Collectively Mobile Heterogeneous Network	Mobilní heterogenní síť
DBS	Direct broadcast satellite	Přímý příjem družicového TV vysílání
DTR	Data transceiver router	Datový router vysílače
DTV	Digital TV	Digitální TV
FAA	Federal Aviation Administration	Federální letecké velení
FCC	Federal Communications Commission	Federální výbor pro telekomunikace
FDD	Frequency Division Duplex	Frekvenční duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Vícenásobný přístup s kmitočtovým dělením
FTP	File Transfer Protocol	Protokol pro přenos souborů
GEO	Geostationary Earth Orbit	Geostacionární dráha
GPSK	Gaussian Frequency-Shift Keying	Gaussovská modulace
HPA	High Power Amplifier	Vysokovýkonný zesilovač
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Protokol pro přenos hypertextových dokumentů ve formátu HTML
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství
IF	Intermediate frequency	Mezifrekvenční
IFE	in – flight entertainment	Zábava za letu
IFEC	in – flight entertainment and connectivity	Zábava a spojení za letu
INS	Inertial navigation system	Inerciální navigační systém
IP	Internet protocol	Internetový protokol
ISDN PRI	ISDN Primary Rate Interface	Varianta ISDN přípojky

ISM	Industrial, scientific and medical	Pásmo pro rádiové vysílání v oborech průmyslovém, vědeckém a zdravotnickém
LD		Letecká doprava
LEO	Low Earth Orbit	Nízká dráha
LNA	Low-noise amplifier	Nízkošumový zesilovač
LRU	Line replaceable unit	Vyměnitelná jednotka
MEO	Medium Earth Orbit	Střední dráha
MGNT	Management	Management
MUX	Multiplexer	Multiplexer
NTSC	National Television System(s) Committee	Standard kódování analogového televizního signálu
PAL	Phase alternating line	Standard kódování barevného signálu pro televizní vysílání
PAN	Personal Area Network	Osobní počítačové sítě
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Plesiochronní digitální hierarchie
PLCP	Physical layer convergence procedure	Postupy konvergence fyzické vrstvy
PPTP	Point-to-point tunneling protocol	Protokol tunelového propojení
PSTN	Public switched telephone network	Veřejné komutované telekomunikační sítě
QoS	Quality of Service	Kvalita služby
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Kvadrurní – fázové klíčování, Kvadrurní fázová modulace
RDU	Receiver decoder units	Dekodér přijímače
RNC	Radio Network Controller	Ovladače rádiové sítě
SEB	Seat electronic box	Elektronické vybavení sedadla
SmartPIM	Smart personal information manager	Chytrý osobní informační manager
SONET/SDH	Synchronous Optical Networking/ Synchronous Digital Hierarchy	Synchronní síťová přenosová technologie/Synchronní digitální hierarchie
SSR	secondary surveillance radar	Sekundární přehledový radar
SSU	Systems signal unit	Jednotka systémového signálu
SVS	Syntetic Vision System	System syntetického vidění
TCP	Transmission Control Protocol	TCP protokol
TDD	Time Division Duplex	Časový multiplex
TDMA	Time division multiple access	Multiplex s časovým dělením
UCU	UMTS Channel Unit	UMTS kanál
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Univerzální systém mobilní telekomunikace
VCI	Virtual Circuit Identifier	Identifikátor virtuálního okruhu
VoIP	Voice Over IP	Internetová telefonie
VPI	Virtual Path Identifier	Identifikátor virtuální cesty
VPN	Virtual private networks	Virtuální privátní síť
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access	Širokopásmová přístupová metoda
Symbol	Význam	
	Znak pro přiřazení a pojmenování částí systému, architektury apod.	

Seznam obrázků

OBR. 1	INTERAKTIVNÍ PŘENOS	17
OBR. 2	BLOKOVÉ SCHÉMA [14]	20
OBR. 3	BLOKOVÉ SCHÉMA SÍTĚ CADIN-IP [15]	21
OBR. 4	INTEGROVANÉ TELEVIZNÍ A ŠIROKOPÁSMOVÉ DATOVÉ SYSTÉMY PRO LETADLA [2]	24
OBR. 5	SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ SÍTĚ IFEC SYSTÉMU V SEDAČKÁCH NA PALUBĚ[1]	25
OBR. 6	BLOKOVÉ SCHÉMA HARDWAROVÉHO KOMPONENTU POUŽÍVANÉHO V IFEC SYSTÉMU (1. ČÁST) [1]	26
OBR. 7	BLOKOVÉ SCHÉMA HARDWAROVÉHO KOMPONENTU POUŽÍVANÉHO V IFEC SYSTÉMU (2. ČÁST) ZAHRNÚJÍCÍ KOMPONENTY SEDAČKY [1]	27
OBR. 8	SCHÉMA SATELITNÍHO KOMUNIKAČNÍHO SYSTÉMU PRO DISTRIBUCI INTERNETOVÝCH SLUŽEB A TELEVIZNÍCH PROGRAMŮ Z PŘÍMÉHO DRUŽICOVÉHO VYSÍLÁNÍ DO LETADLA. [3]	28
OBR. 9	ARCHITEKTURA SYSTÉMU MOBILNÍ HETEROGENNÍ SÍTĚ [16]	30
OBR. 10	ARCHITEKTURA CMHN BEZDRÁTOVÉ KABINY. [16]	32
OBR. 11	DRUŽICOVÝ SEGMENT. [17]	33
OBR. 12	PALUBNÍ SEGMENT- SERVICE INTEGRATOR. [17]	34
OBR. 13	SYSTÉM MOBILNÍCH TELEFONŮ NA PALUBĚ LETADLA.	35
OBR. 14	STRUKTURA ATM	38
OBR. 15	MODEL SATELITNÍ ATM SÍTĚ	41
OBR. 16	ORBITY LEO, MEO, GEO	45
OBR. 17	PANASONIC AURA-LE KU BAND ANTÉNA [24]	47
OBR. 18	PANASONIC PALUBNÍ MODEM A ROUTER [24]	47
OBR. 19	TELEPORT	48
OBR. 20	SEGMENTY ŠIROKOPÁSMOVÉHO PŘIPOJENÍ	49
OBR. 21	POKRYTÍ DRUŽICEMI INMARSAT-4[19]	50
OBR. 22	ČASOVÁ OSA HISTORIE INMARSAT [19]	53
OBR. 23	ROZLOŽENÍ DRUŽIC EUTELSAT [20]	55
OBR. 24	TELEPORT MOSKVA	56
OBR. 25	TELEPORT DUŠANBE	57
OBR. 26	TELEPORT BIŠKEK	57
OBR. 27	PANASONIC IN-SEAT MONITOR S X SERIES APLIKACEMI [5]	60
OBR. 28	THALES. TOPSERIES AVANT IN-SEAT INTELIGENTNÍ DISPLEJ[7]	61

OBR. 29	ROCKWELL DIGITAL PROGRAMMABLE AUDIO VIDEO ENTERTAINMENT SYSTEM (PAVES™ 2)[8]	62
OBR. 30	PAVES™3 IN-FLIGHT ENTERTAINMENT SYSTÉM IN-SEAT DISPLEJ[8].....	63
OBR. 31	INSTALACE KU-BAND ANTÉNIHO SYSTÉMU ROW 44[9]	65
OBR. 32	AIRBUS 380 A BOEING 787	66
OBR. 33	BOEING 787 SPOLEČNOSTI ANA A JEHO KOKPIT	68
OBR. 34	BOEING PANASONIC MONITORY	69
OBR. 35	SEDADLA A IN-SEAT MONITORY IFE B787 SPOLEČNOSTI ANA.....	70
OBR. 36	QATAR AIRWAY NOVÉ BOEING 787 SEDADLA BYZNYS TŘÍDY [26]	70
OBR. 37	PORTY NA PALUBĚ SPOLEČNOSTI ANA	71
OBR. 38	IFEC ZAŘÍZENÍ BYZNYS A EKONOMICKÉ TŘÍDY (JAPAN AIRLINES)[29].....	71
OBR. 39	AIRBUS A380 A JEHO KOKPIT	72
OBR. 40	IFEC ZAŘÍZENÍ BYZNYS A EKONOMICKÉ TŘÍDY (EMIRATES)	73
OBR. 41	IFEC INTELIGENTNÍ DISPLEJE A MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ	74
OBR. 42	NAPÁJECÍ ZÁSUVKA, ETHERNET A USB, AV PORTY.....	74

Cíle diplomové práce

Cílem této práce je ukázat, do jaké míry lze širokopásmové družicové systémy využít pro služby a aplikace v letecké dopravě. Práce poskytne přehled o novodobých technologiích spojených s multimediálním širokopásmovým přenosem a prodiskutuje nejen jejich potřebu pro spolehlivou a včasnou komunikaci, ale i pro další použití například jako zábavu pro cestující na palubě letadel. Vznikne základní přehled o družicové technologii, také budou stručně popsány důležité pojmy, základní struktury, komponenty a architektury příslušných systémů v těchto krocích:

- vysvětlit pojem multimediálních systémů a jejich popis pro potřebu této diplomové práce, rozbor a popis aplikací a služeb těchto systémů;
- vysvětlit co je širokopásmové připojení;
- základní pohled na několik stávajících družicových systémů a jejich segmentů (vesmírný, pozemní, palubní, kontrolní) spojených s jejich provozem;
- hodnocení technologií letadel Airbus 380 a Boeing 787 z hlediska in-flight entertainment multimediálních systémů;
- popis budoucího rozvoje širokopásmových technologií a jejich využití – pro zvýšení úrovně služeb v letecké dopravě.

1. Úvod

Dostatečně pokročilou technologii nelze odlišit od magie.

Arthur Charles Clarke

Uvědomujíc si sílu informací a rozvoje požadavků na informační technologie se letecký průmysl snaží docílit co největší míry integrování všech aspektů informačních systémů k dosažení plného potenciálu pro poskytnutí efektivních, kvalitních, interaktivních a flexibilních služeb jak cestujícím tak dalším účastníkům leteckého provozu (piloti, posádka, provozovatelé letecké dopravy ...). Potenciál těchto služeb spatřujeme hlavně v přenosu multimediálních informací a poskytování vysokorychlostního přístupu k internetu na palubě letadel.

Širokopásmové družicové systémy jsou důležité pro šíření multimediálních služeb. Zařízení, která tyto multimediální služby využívají mají různé aplikace pro účely letecké dopravy. Pokročilé informační systémy a jejich schopnosti poskytují určité provozní výhody - informace jsou na správném místě, ve správný čas, pro správný účel. S cílem pomoci běžnému čtenáři ocenit potenciál satelitního spoje, bude tato práce stručně popisovat jeho architekturu, technické vlastnosti segmentů a různé aplikace širokopásmových služeb, které mohou být poskytovány prostřednictvím těchto systémů.

Letecké informační prostředí sestává z různých požadavků. V okamžiku, kdy existující infrastruktura nemůže podpořit nezbytné požadavky na včasnou a spolehlivou komunikaci, přicházejí v úvahu alternativní způsoby výměny informací mezi než patří družicové systémy, které podporují, umožňují, nebo významně ovlivňují leteckou dopravu.

Družicová telekomunikace je rozmanitá. Poskytují ji desítky provozovatelů služeb nabízející a poskytující potenciál i pro mnoho dalších aplikací. Systémy jsou vyvíjeny rychlým tempem různými společnostmi. Využití družic má zajistit snadnou obsluhu a instalaci. Satelitní sdělení je považováno za nezbytnou alternativu či rozšíření drátové a rádiové komunikační infrastruktury.

2. Co jsou to multimediální systémy a jejich využití v letecké dopravě ?

Pro plynulost a bezpečnost leteckého provozu je třeba neustále předávat informace především mezi posádkami, řídicími letového provozu a leteckými provozovateli. V rámci historického vývoje se v letecké dopravě setkáváme se zvláštními telekomunikačními sítěmi pro telefonní přenos, rozhlas nebo data kde každý druh přenosu má svá technická specifika.

Současné technologické trendy spočívají především v digitalizaci signálu, jeho kompresi, v nových technologiích přenosu a v možnosti využívat stále výkonnější procesory, které budou moci nahradit současné hardwarové prvky. Multimediální technika zahrnuje všechny technické prostředky, které zprostředkovávají tok informací směrem k lidskému subjektu a nebo s tímto lidským subjektem interreagují a působí na něj. Technické prostředky a parametry jsou podřízeny vlastnostem a požadavkům lidského vnímání v maximální možné míře. Binární data je možno převést do textové či grafické podoby - tedy do právě takových podob, aby byly pro lidský vjem nejvhodnější a nejméně zde docházelo k zatížení dalšími daty. Nejmodernější systémy dnešní doby dovolují pilotům či řídicím letového provozu zobrazování dat v těchto podobách přímo na displejích, např. v cockpitu na CDU (*Command display unit*), head – up displejích a SVS systémů umělého vidění a mnoho dalších. Zaniká tedy potřeba pamatovat si, popřípadě zaznamenávat hlasový hovor a vzniká možnost zobrazovat během letu kompletní obraz přehledové situace, meteorologické situace a jiné. S využitím multimediálních systémů se rovněž pravděpodobnost selhání lidského faktoru, který je v letectví klíčový, postupně snižuje.

2.1 Charakteristika multimédií

Vymezení pojmu „ **multimédia**“ existuje v různých formách. Jsou to například:

- několik počítačových a elektronických systémů, umožňujících užívání a manipulaci několika typy medií jako jsou text, zvuk, video, počítačová grafika a animace (Encyklopædia Britannica);
- systémy počítačů, které zpravidla vedle programů a datových souborů na hard disku a disketách využívají i CD ROM – datová média na kompaktních discích. Kromě toho umožňují propojení a současné využívání akustických výstupů, obrazový výstup přes monitor a případné návazné využití videorekordéru. V multimediálních systémech se provozují i síťové aplikace, a to nejen v sítích LAN, ale i v sítích WAN (Encyklopedie Diderot);

- a další.

Pro tuto diplomovou práci tedy **multimediální komunikace** bude znamenat kombinaci **přenosu čtyř** základních informací a to:

- přenos hlasu;
- přenos dat;
- přenos videa;
- přenos textu.

Ve všech těchto oblastech se v praxi jedná o teoretický popis, modelování a optimalizaci relevantních jevů, prvků, subsystémů a systémů včetně jejich konstrukce, realizace a testování.

Podle časové závislosti lze média rozdělit na:

- statická média: jedná se o vektorový obraz, statický obraz a text;
- dynamická média: nejnámější jsou video, počítačová animace a audio.

K tomu, aby se uvedená data dala přenášet a zpracovat v systémech pro interaktivní audiovizuální prezentaci, je potřeba tyto technologie vybavit příslušnými hardwarovými a softwarovými prostředky:

- hardwarové prostředky: snímání obrazu a zvuku (grafické karty, zvukové karty, kamery, video karty, PC ...);
- softwarové prostředky: prostředky pro zpracování a reprodukci textu, statického obrazu, animací, videa, zvuku.

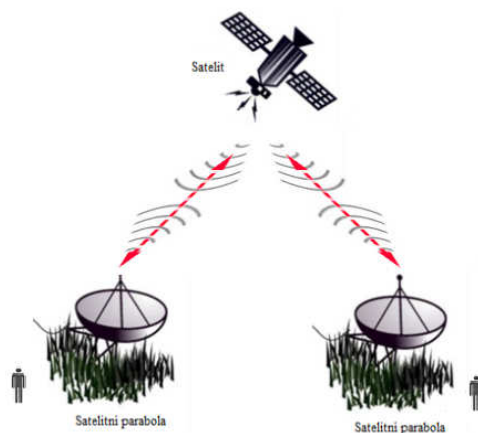
Různé typy informací nemusí být zaznamenávány na jednom místě. Mohou být načítány z rozličných služebných síťových serverů či mohou být přenášeny od partnerů komunikace. Řada postupů a metod musí být realizována v reálném čase, což vyžaduje specifické algoritmizační a implementační přístupy.

2.2 Multimediální aplikace

Pojem se začal používat v 90. letech minulého století. Mezi multimediální aplikace se nejčastěji řadí například:

- interaktivní TV;
- videokonference;
- vysokorychlostní přístup na Internet;
- Voice over IP (VoIP) - hlasová komunikace;
- interaktivní hry;
- video.

Tyto služby zprostředkovávají širokopásmové kanály, které jsou schopny přenášet obrovské množství informací v reálném čase a kombinovat tak přenos hovoru, dat, textových informací i obrazu. Vzniká tak tzv. interaktivní přenos. Pojem interaktivní lze popsat také jako dvoucestný tok informací (dle DK Illustrated Oxford Dictionary). Interaktivita také může znamenat jednání navzájem (dle Webster's Desk Dictionary).



Obr. 1 Interaktivní přenos

Toto práce blíže popisuje a specifikuje ty systémy, které používají digitální přenos pomocí družicového spoje. K multimediálním službám pomocí družic patří:

- veřejné datové služby (VSAT, dial-in, Direct),
- služby propojování sítí LAN, MAN, WAN (*ATM, Frame Relay, Interlan*), aplikace Client/Server, sdílení souborů (*File Sharing*), velké objemy dat přenášené mezi sítěmi LAN, přístup do vzdálených databází (*Remote Database Acces*), přenos obrazových informací (*Image Transfer*), aplikace CAD/CAM, E-mail,
- služby privátních sítí (virtuální privátní sítě, outsourcing, privátní sítě), informační služby a výměny zpráv (elektronická pošta, přístup k informačním databázím, Internet).

Provoz je multimediální, když uživatel může vytvářet, editovat, vysílat, přijímat a nebo zpracovávat data, či více druhů informací současně. Multimediální systém vyžaduje koordinaci všech informací. Samozřejmostí je digitální vyjádření informace. Provoz se nazývá hypermediální, pokud se celkový koncept rozšiřuje v terminálu o počítačově podporovanou strukturalizaci multimediálních dokumentů.

Využití multimediálních systémů v LD může být jak na straně uživatelů, kteří zabezpečují let, letový provoz a ostatních služeb zabezpečujících provoz LD, tak na straně

klientů – cestujících. Mezi základní technologie využívané pro datovou komunikaci a zprostředkování multimediální komunikace v letecké dopravě patří:

- síť ATN;
- AMMS;
- in – flight entertainment and connectivity (IFEC): technologie poskytující internet na palubách letadel, systém umožňující používání mobilních telefonů na palubách letadel, technologie bezdrátové kabiny, interaktivní hry a další;
- a další.

Z výše popsaného se proto musíme multimediální podporou zabývat z následujících hledisek:

- technické vybavení (popis funkce, parametry): např. popis segmentů technologie – pozemní, vesmírný, palubní apod.;
- způsob použití: aplikace v letecké dopravě – IFEC, navigace apod.;
- psychologie (vliv na cestující, piloty či jiné uživatele): poskytování flexibilních informací, zábavy, přístupu na internet apod. a tím např. cestujícím zpříjemnit či zkvalitnit let apod.;
- sociálně kulturní (prostředí a vztah prostředí-adresáti): kde je zařízení použito např. různé palubní třídy a podle toho úroveň poskytovaných služeb apod.;
- metody (vlastní prezentační metody): způsob přenosu informací, zabudování systémů, bezpečnostní metody apod.

2.3 Síť ATN

Letecká telekomunikační síť (*Air Traffic Network*) je určena k nabízení a poskytování služeb založených na základě přenosu digitálních dat pro organizace a společnosti, které provozují letadla, řídí letový provoz, starají se o bezpečnost letového provozu, a celkově podporují a zajišťují provoz letecké dopravy.

Základními prvky ATN jsou:

- spojení letových provozních služeb (ATS) s letadly;
- spojení letových provozních služeb (ATS) mezi jednotlivými stanovišti ATC;
- spojení pro leteckou operační kontrolu (AOC);
- letecké administrativní spojení (AAC);
- letecké spojení pro cestující (APC).

Letecká telekomunikační síť (ATN) :

- Letecká pohyblivá družicová služba (AMSS);
- Datový spoj "letadlo-zem" SSR v módu S;
- VKV číslicový spoj (VDL);
- KV datový spoj;
- Síť AFTN (resp. CIDIN): **AFTN** letecká pevná telekomunikační síť (*Aeronautical Fixed Telecommunication Network*) - celosvětový systém pro výměnu zpráv a přenos informací týkajících se leteckého provozu; **CIDIN** (*Common ICAO Data Interchange Network*) - mezinárodní síť postavená na protokolech X.25 pro zajištění rychlejšího a bezpečnějšího přenosu AFTN zpráv. Do provozu byla síť uvedena v roce 2006. Jednotlivé subsystémy jsou propojeny sítí CADIN-IP. S okolím je ústředna propojena výhradně prostřednictvím datové sítě CADIN-X.25 a CADIN-IP a to protokolem X.25 a TCP/IP. Středisko AFTN/CIDIN je dále vybaveno email-AFTN bránou, která umožňuje příjem a rozesílání AFTN zpráv ve formě standardních zpráv elektronické pošty.

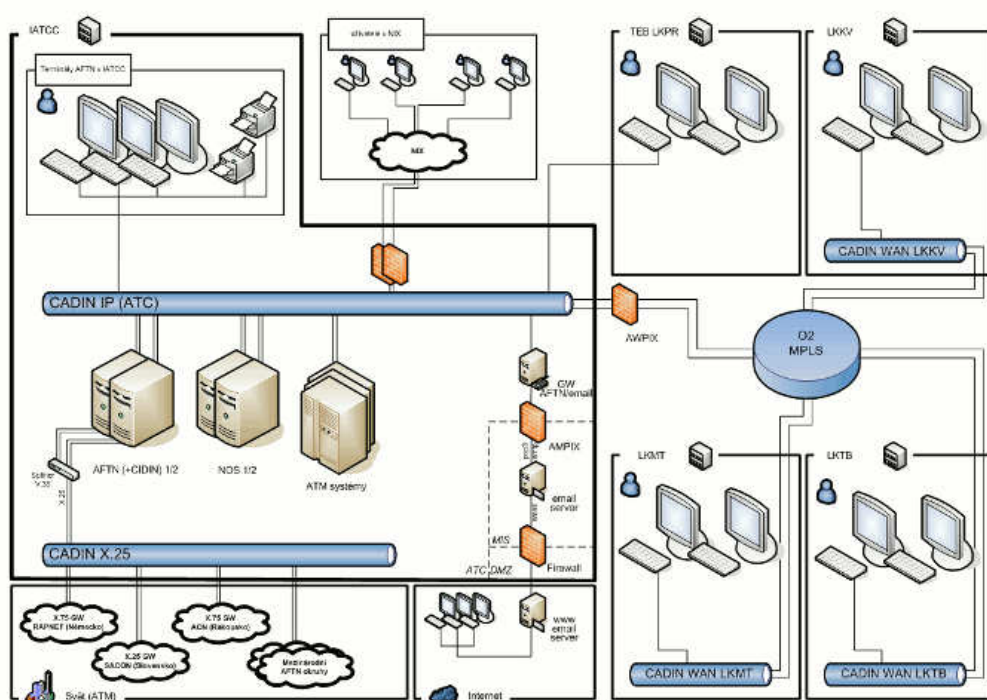
2.3.1 CADIN - X.25

CADIN-X.25 (*Czech Aeronautical Data Interchange Network*) je paketová datová síť typu WAN, s přístupovým protokolem X.25 pro synchronní koncová zařízení, X.3/X.28/X.29 pro asynchronní připojení a I.122 pro služby rámcové komunikace frame relay. Do provozu byla uvedena v roce 1995.

Síť CADIN je propojena protokolem X.75 s obdobnými sítěmi v sousedních zemích (Německo, Rakousko, Slovensko) a tím integrována na evropské X.25 sítě poskytovatelů letových navigačních služeb EAN (*European Aeronautical Network*)

Provoz této sítě je postupně utlumován a jednotlivé aplikace postupně migrují na protokol TCP/IP. Na národní úrovni již není X.25 protokol používán od roku 2007. Z původní sítě zůstaly v provozu již jen dva redundantní páteřní prvky, které zajišťují mezinárodní komunikaci.

Síť CADIN-X.25 je vystavěna na technologii paketových datových ústředen DPN100 kanadské firmy NorTel typu AM (přístupový modul) a RM (přístupový a směrovací modul).



Obr. 2 Blokové schéma [14]

2.3.2 CADIN – IP

CADIN-IP (*Czech Aeronautical Data Interchange Network*) byla uvedena do provozu v roce 1999. Datová síť je tvořena vzájemně oddělenými sítěmi LAN:

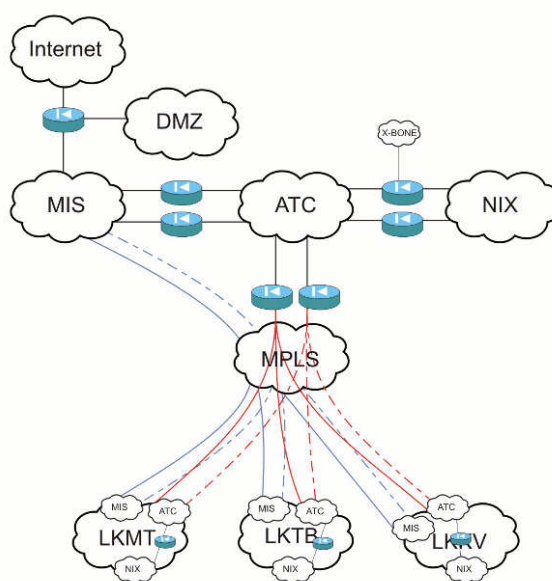
- CADIN-ATC pro systémy řízení letového provozu;
- CADIN-MIS pro kancelářské prostředí;
- CADIN-NIX pro bezpečné propojení privátních IP datových sítí organizací civilního letectví, AČR a výměnu dat pro podporu ATM;
- CADIN-WAN pro připojení všech mimopražských lokalit.

Všechny moduly sítě a software jsou od firmy CISCO.

Některé parametry

Jako páteřní hardwarové prvky jsou použity přepínače Catalyst 6509. V síti CADIN-IP jsou použity dva typy linek:

- Access Link - přístupové linky (porty) s rychlostí 10/100/1000 Mb zajišťující připojení uživatelů k datové síti;
- Trunk Link – propojující linky (up-linky) s rychlostí 1000 Mb mezi páteřními a přístupovými zařízeními případně páteřními zařízeními v síti.



Obr. 3 Blokové schéma sítě CADIN-IP [15]

2.4 AMSS (Aeronautical Mobile Satellite Service)

Je to letecká pohyblivá družicová služba, která má za úkol zajistit komunikaci mezi letadly a zemí a to při globálním pokrytí celé zeměkoule. Její využívání by mělo až na výjimky potlačit veškerou komunikaci letadlo – zem prostřednictvím krátkovlnného spojení. Síť AMSS se skládá ze tří základních prvků - pozemní stanice, družice a palubního zařízení.

Služby AMSS zajišťuje v současné době společnost INMARSAT, která vytvořila digitální síť INMARSAT B umožňující hlasovou komunikaci a nízkou nebo vysokorychlostní přenos dat a splňuje vzrůstající nároky na vysokou kvalitu a rychlost přenášených dat. Její pokrytí je více než 85% zemského povrchu (výjimkou jsou póly).

Pro AMSS je pro vysílání dat na paluby letadel vyčleněno frekvenční pásmo 1544 – 1555MHz a pro vysílání dat z paluby 1645,5 – 1656,5 MHz. [18]

2.5 In – flight entertainment and connectivity

Technologií in – flight entertainment and connectivity (IFEC) je vybavena většina moderních letadel. Vyskytují se v podobě In – flight entertainment systémů (IFE), nebo jako již zmíněné spojení In – flight entertainment systémů a komunikačních systémů (*communications/ connectivity*) (IFEC).

Tyto systémy poskytují vesměs zábavu během letu pro cestující. Mohou však sloužit i posádce pro přenos dat během letu. V různých provedeních mohou být funkce systému IFEC buď jednoduché či komplexní. Komplexní funkce systému IFEC jsou distribuce audia a videa do sedadla. V některých provedeních či režimech je sedadlová audio a video distribuce interaktivní nebo může být ovládána členem posádky přes jiné rozhraní připojené k systému, jako je ovládání terminálu. K další komplexní funkci IFEC patří přístup k webovým stránkám na internetu, posílání a přijímání elektronické pošty, hraní počítačových her osamoceně či s jinými uživateli systému a kontrolu letových informací (např. předpokládané doby příjezdu, rychlosti letu a pozice). Jednodušší funkce IFEC systému zahrnují ovládání systému osobní služby, jako jsou tlačítka přivolání či ovládání světel, nastavení sedadla a klimatizace.

Jednou z hlavních překážek při vytváření IFEC systémů je jejich bezpečnost. Výrobek, který je považovaný za spolehlivý a bezpečný, musí být certifikován příslušnými úřady a musí splňovat požadavky, které jsou dány předpisy.

Dále se uvažují náklady na výzkum, výrobu a implementaci zařízení. Firmy neustále bojují o snížení těchto nákladů bez současného snížení kvality a kompatibility systémů. Náklady se dají snížit například změnou použitých materiálů a snížením množství softwarů apod.

Softwary pro IFEC systémy by měly být esteticky příjemné, spolehlivé, kompatibilní, a také by měly být uživatelsky přívětivé, což většinou představuje volbu drahé techniky se specifickým softwarem. IFEC většinou používají dotykové displeje, bezdrátové technologie a další sofistikované technologie. Aby systém plnil svou funkci správně, musí spolehlivě spolupracovat s celkovým intranetem v letadle. Tyto požadavky společně s cenovou politikou vyvíjí tlak na softwarové inženýry, protože programové chyby a jiná pochybení, které by proklouzly testovacími fázemi softwaru, by mohly působit problémy.

2.5.1 *Technologie poskytující internet a televizi na palubách letadel*

Jedná se o satelitní palubní komunikační systém pro distribuci internetových služeb a televizních programů z přímého vysílání družic do letadla. Internet na palubě neslouží jen jako zábavní technologie, ale může být využíván pro přenos dat mezi piloty a středisky ATC

a k přenosu dat mezi letadly a leteckými společnostmi. Využíváním internetu v této oblasti se ulehčuje přetíženým HF, VHF frekvencím.

Technologie zabývající se touto problematikou jsou například od společností Aircell, Airshow, Air TV, AeroSat, ARINC, AT&T Wireless, Boeing Connexion, Honeywell, ICO Global, In Flight Network, Inflightonline Inc., INMARSAT, LiveTV, NewsCorp, Rockwell Collins, Teledesic, Tenzing, Thompson a další.

V roce 2005 bylo na celém světě provozováno asi kolem 70ti letadel vybavených technologií, která umožňuje připojení k Internetu. V Evropě tuto službu nabízeli jen dvě letecké společnosti. První letecká společnost na světě, která nabídla svým pasažérům během letu vysokorychlostní širokopásmové připojení k síti v roce 2003 byla Lufthansa, která ale od služby vzhledem k finanční a technické náročnosti odstoupila. Následně ji spustila v roce 2010. V rámci služby FlyNET se pasažéři mohou připojit k internetu (WLAN) a stahovat libovolné množství dat, ale také posílat SMS a využívat dalších datových služeb.

Kompletní zařízení pro tuto službu dodává Lufthansa společnost Deutsche Telekom a Panasonic, respektive její divize Panasonic Avionics Corporation. Lufthansa využívá konkrétně její produkt exConnect, který pro přenos dat využívá satelitního systému GlobalConnex. Mimo Lufthansy má tento výrobce smlouvy také s Turkish Airlines, Cathay Pacific, Dragonair a Gulf Air.

V tuto chvíli existují dva základní způsoby datového připojení pro cestující na palubách letadel a zprostředkování tak přenos hlasových i datových služeb. Jsou jimi:

- připojení přes satelity;
- připojení pomocí pozemních stanic.

Celý systém připojení přes satelity sestává ze čtyř celků:

- **palubní segment;**
- **družicový segment;**
- **pozemní segment;**
- **kontrolní segment.**

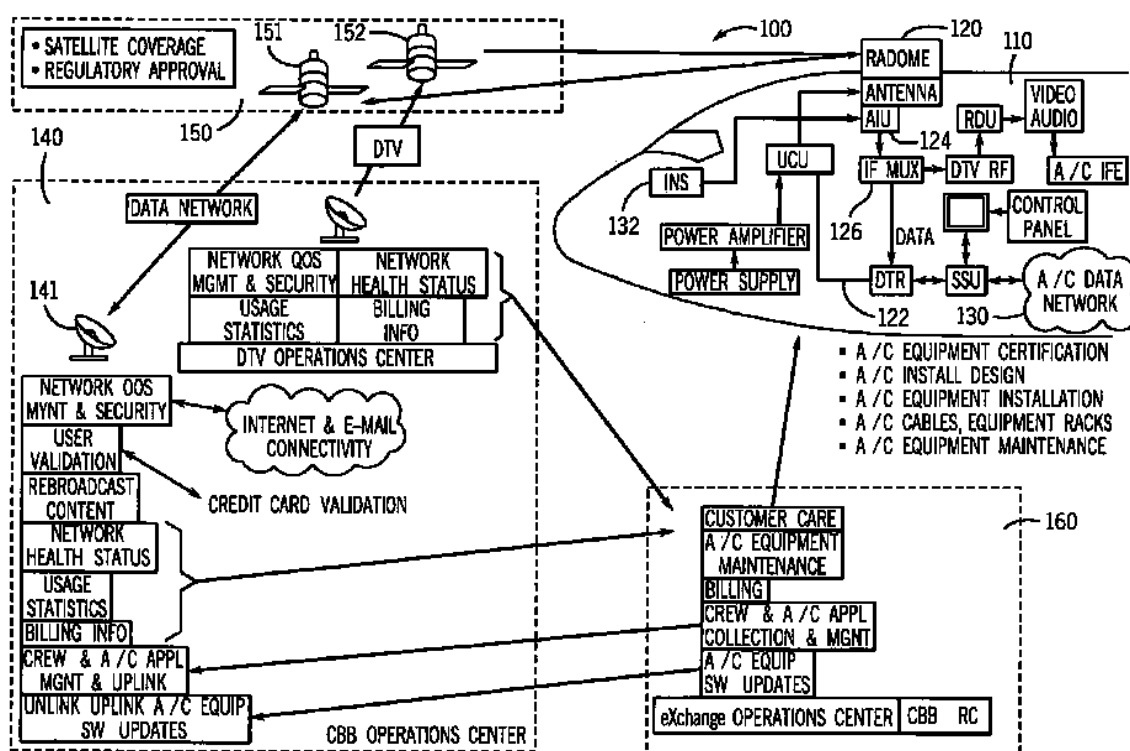
Na obr. 4 je jedno z možných schémat systému integrovaných televizních a širokopásmových datových systémů pro letadla.

Pozemní segment

Pozemní infrastruktura zajišťuje spojení mezi satelity a zemí pomocí antény pro datovou síť. Vidíme ji na obrázku 4 pod číslem 140. Z pozemního segmentu mohou být poskytovány datové služby přes antény datové sítě. Anténa datové sítě komunikuje se satelitní datovou sítí, která má transpondér komunikující s palubní anténou.

Kontrolní segment

Kontrolní operace mohou zahrnovat infrastrukturu, která poskytuje všechny potřebné funkce vyžadované od poskytovatelů internetových služeb pro letadla a uživatele. Toto může zahrnovat provoz satelitní pozemní stanice, sítě typu WAN, poskytování připojení k internetu, dodržování lokálních, regionálních a státních licencí a požadavků na provoz atd. Kontrolní segment má také funkci pozitivní kontroly letadlové antény z pozemního kontrolního centra. Dále tento segment komunikuje se zákazníky, udržuje palubní vybavení, provádí transakční operace, řídí palubní a posádkové operace, aktualizuje letadlové systémy a softwary apod. Je znázorněn na obrázku 4 pod číslem 160.



120 – Ku band palubní anténa, 122 – data transceiver router (DTR), 124 – multiplexer (MUX), 130 – letadlová datová síť, 140 – pozemní segment, 150 – vesmírný segment, 110 – palubní segment, 160 – kontrolní segment. 141 – anténa datové sítě, 151 – satelitní datová síť, 152 – družice. 100 – datový systém.

Obr. 4 Integrované televizní a širokopásmové datové systémy pro letadla [2]

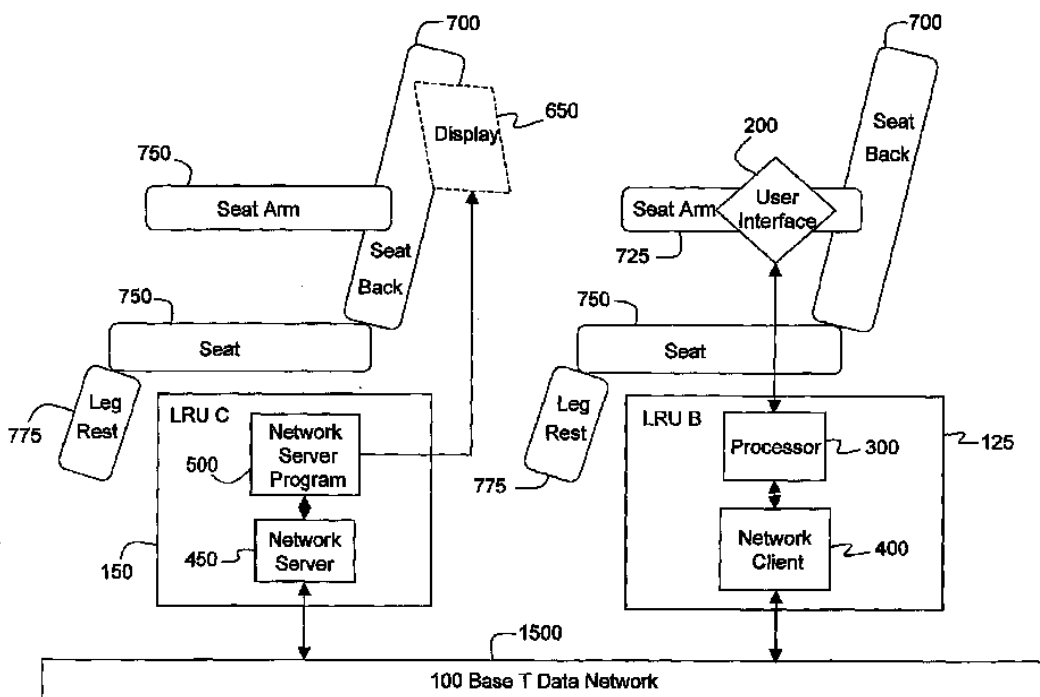
Palubní segment

Palubní segment systému pro integrovaný multimediální televizní příjem a obousměrnou širokopásmovou datovou síť v letadle je popsán na obrázku 4 pod číslem 110. Letadlo nese přijímací systém pro satelitní přenos, letadlovou počítačovou síť a zařízení komunikačního systému (server, router a anténa). Většinou vybavení zahrnuje množství počítačů, které poskytují rozmanité funkce. Počítače zahrnují například audio/ video head-end

vybavení, rozvaděče, systémy pro obsluhu cestujícími (ovládací panely), sedadlové elektronické boxy SEB (*seat electronic box*, poskytují rozhraní pro displeje, ovladače, rozhraní mezi jednotlivými digitálními sítěmi atd.) apod.

Technologie může poskytnout pasažérům na palubě televizní příjem a internetové připojení používající protokol (IP), stejně jako širokopásmové datové služby.

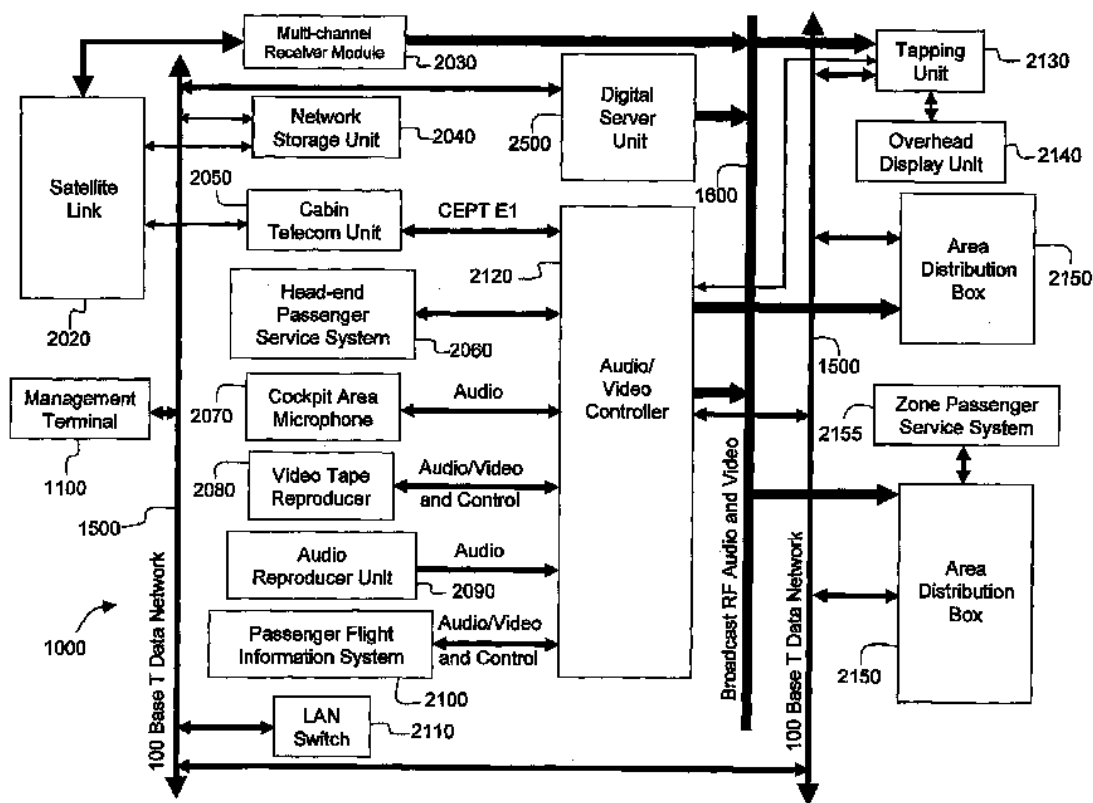
Aplikace se ovládají pomocí ovládacích panelů. Způsob ovládání probíhá pomocí síťových protokolů např. TCP / IP, HTTP nebo FTP. Ovládání množství funkcí, včetně funkcí v sedadlech, ovládání zvuku a obrazu, světel a přivolání letušky jsou prováděny pomocí síťového klienta, síťového serveru a síťového server programu komunikujícími se síťovými protokoly. Klient sítě může být pro uživatele IFEC systémů viditelný či neviditelný. Software pro každou jednotku (LRU – *line replaceable unit*) může být navržený, přebudovaný či testovaný nezávisle na ostatních komponentech v rámci systému IFEC. Jednotlivé funkce systému IFEC mohou být zpřístupněny pouze některým částem systému, což umožňuje různé úrovně přístupu pro různé palubní třídy. Schéma napojení ovládacích panelů v sedačkách na palubní síť je znázorněna na obrázku 5.



650-displej,700-opěradlo,200-uživatelské rozhraní, 725-opěrka ruky,750-sedadlo,775- opěrka nohy,400-sít' klient,300-procesor,125-LRU jednotka B,1500-ethernet, 450- síťový server,500-server program,150-Lru jednotka C.

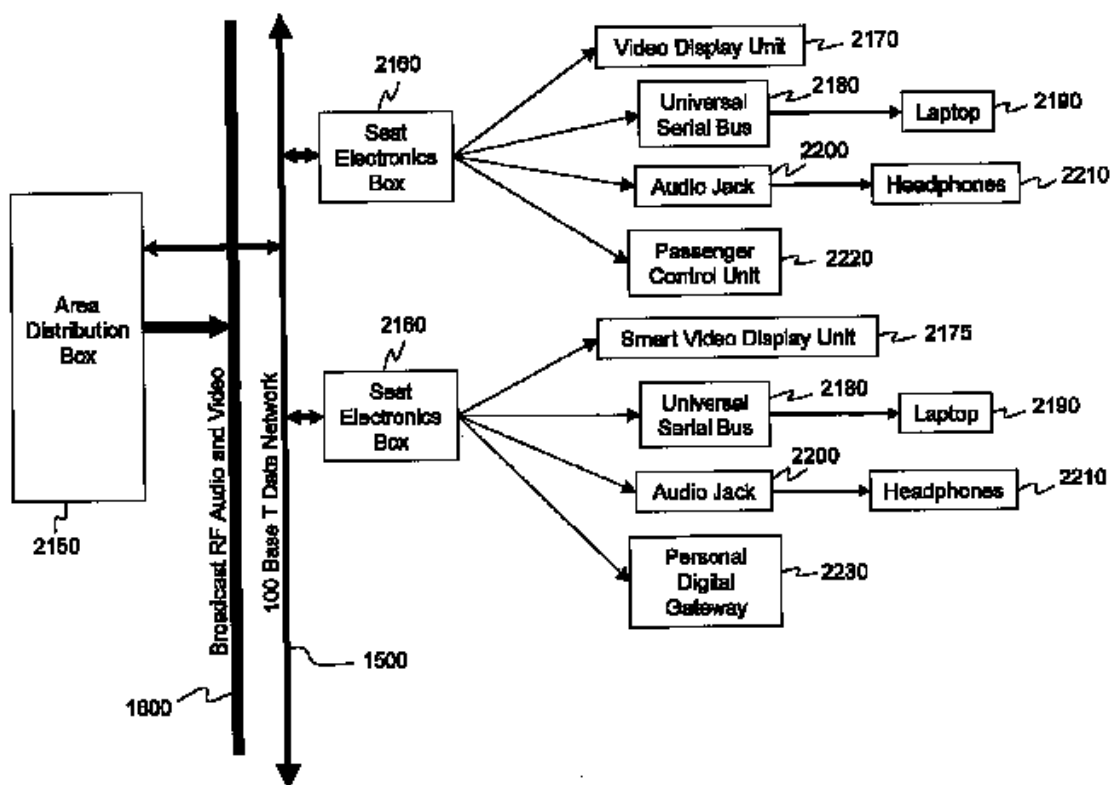
Obr. 5 Schéma uspořádání sítě IFEC systému v sedačkách na palubě[1]

Blokové schéma hardwarových komponentů celého IFEC systému je uvedeno na obr. 6 a obr. 7. Většina rámečků na obrázcích představuje jednotný elektronický prvek známý jako vyměnitelná jednotka (LRU) - tyto komponenty jsou vyrobeny na montážní lince, kde se vyrábí letadla, a mohou být nahrazeny při údržbě. LRU obsahuje systém (1000), řídicí terminál (1100), audio/video řadiče (2120), jednotku digitálního serveru (2500), jeden či více rozvaděčů a množství přípojných jednotek (2130). Systém (1000) je lokální síť (LAN) zahrnující počítačové komponenty, které komunikují přes datové sítě (1500), zábavní či RF sítě (1600). Datová páteřní síť (1500) převážně využívá 100 Base-T Ethernet. RF síť je schopna vést přenosy obsahující video a audio signály přes RF (*radio frequency*) s velkou šířkou pásma.



2020-satelitní spojení, 1000- IFEC systém, 2030-multi-kanálový přijímač, 2040-úložná síťová jednotka, 2050-kabinová telekomunikační jednotka, 2060-servis systém pasažéra, 2070-kokpit mikrofon, 2080-video reproduktor, 2090-audio reproduktor, 2100-informační systém pro cestující, 2110-LAN přepínač, 2120-A/V řadič, 2130-přípojná jednotka, 2140-zobrazovací jednotka, 2150-rozvaděč, 2155- zónový systém služeb pro cestující, 1500- páteřní datová síť, 1600- RF(radio frequency) síť nebo zábavní síť.

Obr. 6 Blokové schéma hardwarového komponentu používaného v IFEC systému (1. část) [1]



2150-distribuční box, 1600-páteřní datová síť, 1500-datová síť, 2160-sedadlový elektronický box, 2170-zobrazovací jednotka, 2180-universální sériové sběrnice, 2190-připojení pro laptop, 2200-audio konektory, 2210-sluchátka, 2220-řídící jednotka pro cestující, 2175-inteligentní zobrazovací jednotka, 2230-osobní digitální brána.

Obr. 7 Blokové schéma hardwarového komponentu používaného v IFEC systému (2. část) zahrnující komponenty sedačky [1]

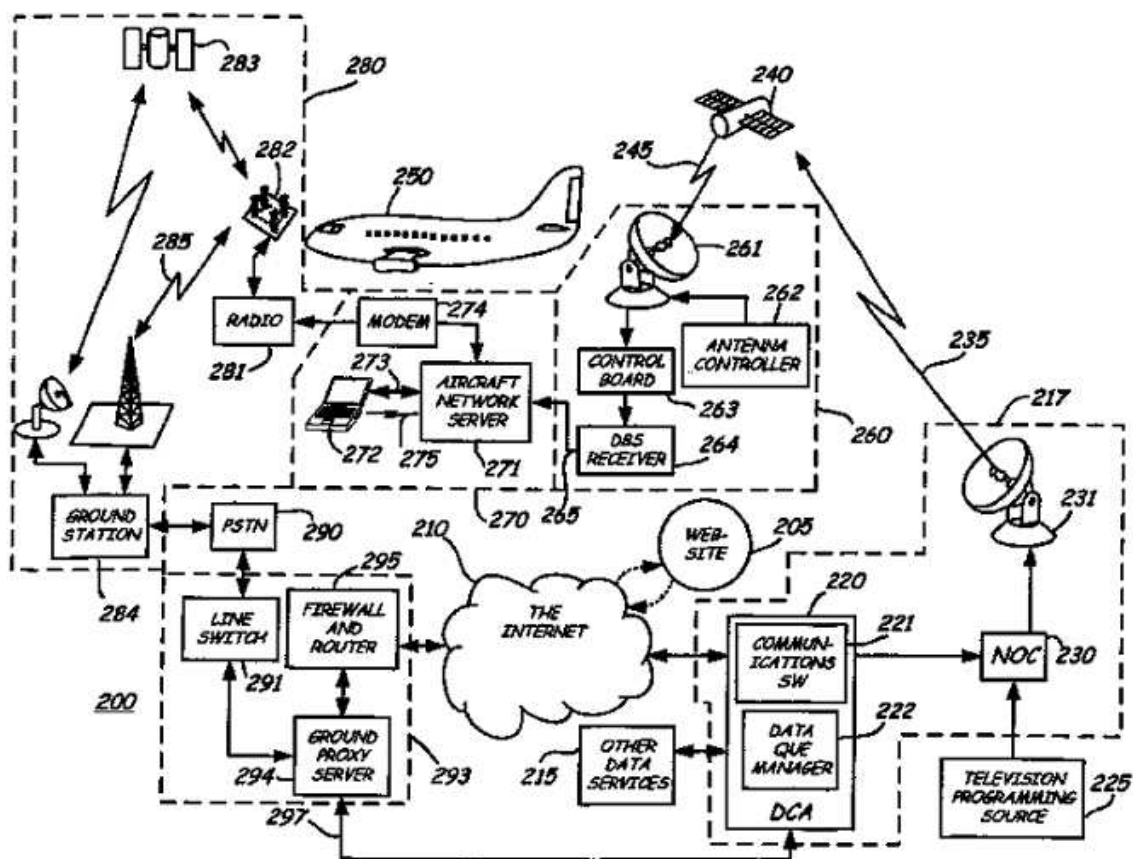
Družicový segment

Je znázorněn na obrázku 4 pod číslem 150. Družice jsou většinou pronajaté, nikoli vlastní. Může se jednat například o komunikační systémy INAMARSAT, EUTELSAT a další, které budou podrobněji popsány v dalších kapitolách.

Na obr. 8 je schéma satelitního komunikačního systému pro distribuci internetových služeb a televizních programů z přímého družicového vysílání do letadla. Družicový komunikační systém (200) používá jeden či více vysoko energetických DBS televizních satelitů (240), které umožňují interaktivní příjem dat a televizní vysílání k letadlovým anténám a přijímacímu systému ze stejného satelitu.

Letadlo nese systém přijímače přímého satelitního přenosu, letadlovou počítačovou síť a vybavení pro zpáteční komunikační kanál. Družice přijímá uplink signál z přímého přenosu televizních programů a internetových služeb z pozemní vysílací stanice. Satelity (240) lze

použit ke zvýšení geografického pokrytí či k nabídce dalších kanálů. Letadlo (250) za letu může přepínat z jednoho satelitu na jiný podle pokrytí jednotlivých družic a polohy letadla. Satelity přenášejí internetové služby spolu s dalšími datovými službami (215) a pravidelné přímé vysílání televizních programů (225) přes downlink (245) do letadla (250). Dynamické přidělování šířky pásma zajišťuje manažer dat (222), pro maximalizaci příležitostí příjmů poskytovatele služeb Internetu. Základní soubor programů je obvykle doručen do letadla, bez ohledu na požádání klientského počítače (272). Fungují zde populární internetové stránky (Yahoo, E-bay stránky atd.) a další oblíbené datové služby.



200 - družicový komunikační systém, 240 - DBS televizní družice, 217 - pozemní stanice pro přímý přenos, 220 - agregátor komunikačních dat, 230 - operační centrum, 222- data queue manžer, 231 - anténní systém, 210 - internet, 215 - ostatní datové služby (email, zprávy o počasí...), 221 - komunikační software, 272 - klient PC (osobní počítač), 280 - komunikační systém (např. SATCOM - INMARSAT), 250 - letadlo, 225 - zdroj televizních programů, 260 - systém přijímače pro přímý přenos, 261 - anténa, 264 - DBS satelitní přijímač, 265 - datové sběrnice, 270 - počítačová síť, 271 - síťový server, 273 - sběrnice, 275 - wi-fi síť, 274 - modem, 293 - switch center, 281 - telefonní rádio, 282 - anténa, 283 - SATCOM satelit, 290 - veřejná telefonní síť (Public Switched Telephone Network), 291 - line switch, 294 - pozemní proxy počítač, 295 - router, 297 - komunikační spojení.

Obr. 8 Schéma satelitního komunikačního systému pro distribuci internetových služeb a televizních programů z přímého družicového vysílání do letadla. [3]

2.5.2 Wi – Fi

Hlavním předpokladem pro provoz systému bezdrátové kabiny (*wireless cabin*) je celosvětové pokrytí se stálým signálem. Systém by měl poskytnout lepší možnosti využití multimediálních technologií na palubách letadel pro posádku a cestující. Internetové služby jsou v letadle dostupné prostřednictvím Wi-Fi hotspotu na technologii IEEE 802.11 a/b/g.

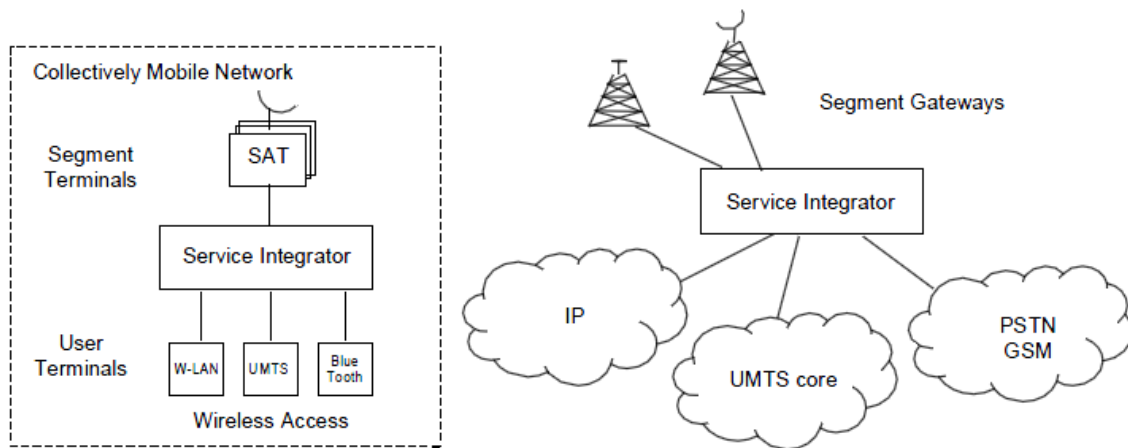
Projekt Wireless Cabin

Bezdrátovými technologiemi na palubě letadla se zabýval projekt Wireless Cabin. Projekt výzkumu a vývoje Wireless Cabin (*Development and Demonstrator of Wireless Access for Multimedia Services in Aircraft Cabins*) sponzorovaný Evropskou komisí (ve výši 3,2 milionů eur) v rámci FP5 (*5th Framework Programme*) probíhal v letech 2002 - 2004. Zahájen byl v době, kdy panovala obava ze zneužití mobilní komunikace v letadlech a samozřejmě z potenciálního rušení letových systémů, což by mohlo vést k ohrožení pasažérů za letu.

V rámci projektu byly vyvinuty protokoly bránící rušení s letadlovými systémy, současně se také zajišťuje, aby komunikace mezi letadlem a zemí nerušila pozemní komunikace. Také se zohledňuje plnohodnotná bezpečnost uživatelů a jejich mobilní komunikace tak, že se používá architektura AAA a zabezpečení prostřednictvím VPN.

Evropského projektu se zúčastnili představitelé leteckého průmyslu Airbus a KID Systeme, telekomunikačního průmyslu Siemens a Ericsson a dále Inmarsat a DLR (německé letecké centrum). Dalšími partnery rozsáhlého projektu byly společnosti ESYS plc, TriaGnoSys GmbH a akademickou sféru zastupovala University of Bradford. [21]

Bezdrátové připojení je založeno na tom, že nemusí být vázáno na určitý data port a proto se zařízení se na palubě může pohybovat. Bohužel stávající GSM technologie založená na modulaci TDMA vede k velké interferenci palubních přístrojů. Architektura systému (obr. 9) je založena na kombinaci bezdrátových sítí WLAN, UMTS s UTRAN a Bluetooth umožňující bezdrátovou komunikaci v kabině, satelitní napojení na pozemní infrastrukturu a telekomunikační síť. Tyto technologie se rychle rozvíjejí v důsledku modernizace.



Obr. 9 Architektura systému mobilní heterogenní sítě [16]

V následující části budou stručně popsány technologie UMTS, IEEE 802.11b WLAN a Bluetooth a budou srovnány jejich příslušné parametry:

- **UMTS:** (*Universal Mobile Telecommunications System*) síť třetí generace je další vývojové stádium standardu GPRS (sítě, které podporují tento standard, se označují jako sítě dvaapůlté generace) používaného v sítích GSM. UMTS používá pro přístup W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) a je standardizován organizací 3GPP. Splňuje požadavky ITU IMT-2000 pro mobilní buňkové sítě třetí generace. Mnohonásobný přístup pomocí W-CDMA u UMTS může být dále kombinován s TDMA (*Time Division Multiple Access*) a FDMA (*Frequency Division Multiple Access*);
- **Bluetooth:** definovaná standardem IEEE 802.15.1. Spadá do kategorie osobních počítačových sítí, tzv. PAN (*Personal Area Network*). Existuje několik verzí - v současnosti nejvíce využívaná verze 2.0 je implementována ve většině aktuálně prodávaných zařízení (mobilních telefonech, notebookách, TV). Nově je vyvinuto rozhraní Bluetooth 4.0 s větším dosahem (až 100 metrů), menší spotřebou elektrické energie a také podporou šifrování AES-128. Bluetooth podporuje dvoubodovou i mnohabodovou komunikaci. Pokud je více stanic propojeno do ad-hoc sítě (tzv. *piconet*), působí jedna rádiová stanice jako řídicí (*master*) a může simultánně obsloužit až 7 podřízených (*slave*) zařízení. Všechna zařízení v pikosíti se synchronizují s taktem řídicí stanice a se způsobem přeskakování mezi kmitočty. Specifikace dovoluje simultánně použít až 10 piko-sítí na ploše o průměru 10 metrů a tyto pikosítě dále sdružovat do

tzv. *scatternets* čili rozprostřených sítí. Bluetooth pracuje v ISM (*industrial, scientific and medical*) pásmu o 2,4 GHz (stejném jako u Wi-Fi). K přenosu využívá metody FHSS (*frequency-hopping spread spectrum*) - během jedné sekundy je provedeno 1600 skoků (přeladění) mezi 79 frekvencemi s rozestupem 1 MHz. Tento mechanismus zvyšuje odolnost spojení vůči rušení na stejné frekvenci;

- **IEEE 802.11b WLAN:** standard je jedním z doplňků norem IEEE 802.11 zabývajících se definicí bezdrátového komunikačního standardu známým pod komerčním názvem **Wi-Fi**. Vznikl v roce 1999. Oproti původnímu standardu navyšuje přenosovou rychlost v přenosovém pásmu 2,4 GHz až na 11 Mbit/s. Pro dosažení této rychlosti používá nový způsob kódování, tzv. doplňkové kódové klíčování (*Complementary Code Keying, CCK*) s použitím DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) na fyzické vrstvě. Doplněk specifikuje, jak se podle momentální rušivosti prostředí dynamicky mění rychlost na nižší nebo naopak na vyšší: 11 Mb/s, 5,5 Mb/s, 2 Mb/s až 1 Mb/s. Dosah až 12 km ve volném prostředí.

V tabulce jsou shrnuty hlavní parametry každého z výše uvedených standardů.

Tab. 1 Parametry standardů

	Přenosová rychlost		Šířka pásma (MHz)	Pásmo (GHz)	Pokrytí (m)	Metody duplexního přenosu	Výstupní výkon (dBm)	Modulace
	Maximální	Typická						
UMTS	2 Mb/s	144 Kb/s	5,10,20	FDD: 1,92-1,90 (ul) 2,11-2,17 (dl) TDD: 1,90-1,92 2,01-2,025	Záleží na kapacitě	FDD/TDD	20	QPSK (dl) BPSK (ul)
Bluetooth 3 třídy	1 Mb/s	728 Kb/s	1	2,4 - 2,4835	10	TDD	0	GFSK
IEEE 802. 11b	11 Mb/s	6,5 Mb/s	26	2,4 - 2,4835	20 - 100	TDD	20	Záleží na bit rate

Vzhledem k více přístupovým technologiím používaným vedle sebe se jedná o mobilní heterogenní síť (CMHN, *Collectively Mobile Heterogeneous Network*) využívající jak tradiční síť s přepojováním okruhů (pro volání), tak paketové síť (typicky pro data). Uživatelé nejsou nijak omezeni v použití koncových zařízení a budou moci využívat mobilní

telefony, laptopy a PDA (*Personal Digital Assistants*) či jiné technologie (např. PED, *Personal Electronic Devices*).

Pro různorodé služby byly definovány čtyři úrovně QoS, po vzoru tříd použitých v UMTS:

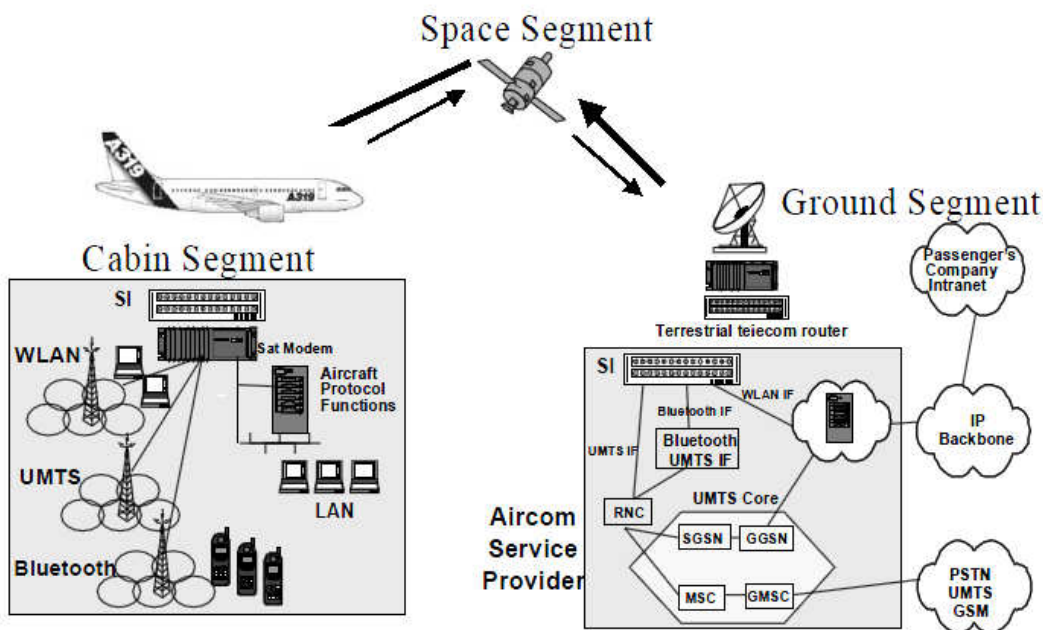
- konverzační - aplikace v reálném čase, maximálně citlivé na zpoždění;
- streaming - aplikace v reálném čase, tolerantní vůči zpoždění;
- interaktivní - aplikace nikoli v reálném čase, přesto interaktivní;
- ostatní provoz.

QoS se musí poskytovat koncově, tedy přes všechny zainteresované sítě a spoje, takže hodně záleží na nejslabším článku.

Celý bezdrátový systém lze rozdělit na:

- **družicový segment;**
- **palubní segment;**
- **pozemní segment.**

Architektura bezdrátové kabiny a její součásti jsou koncepčně znázorněny na obr. 10.



Obr. 10 Architektura CMHN bezdrátové kabiny. [16]

Družicový segment

Požadavek na připojení k telekomunikačním sítím je dosáhnout velkého pokrytí satelity zejména nad oceánskými oblastmi u dálkových letů. Je třeba vzít v úvahu možnosti dnešní satelitní komunikace, počítat s budoucím rozvojem této problematiky a vzájemně spolupracovat na úrovni rozhraní letadel a satelitního segmentu.

Dnešní možnosti satelitní přenosové rychlosti jsou omezené. Je potřeba šířku pásma, která je vyžadována pro standardní rozhraní bezdrátových systémů, přizpůsobit dostupné šířce pásma (typicky: 432 kb/s down-link, 144 kb/s up-link (Inmarsat B-GANTM), či 5 Mb/s down-link, 1,5 Mb/s up-link (Connexion by Boeing)).

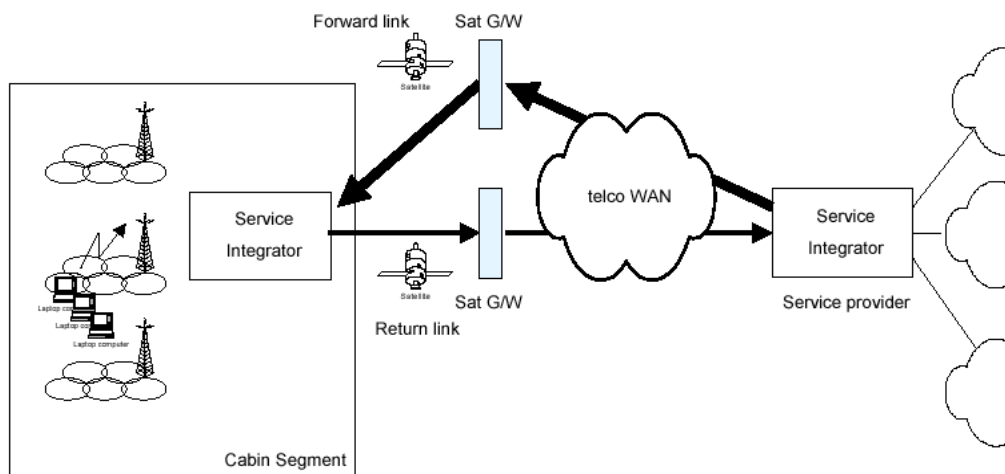
V současné době je k dispozici pro obousměrnou komunikaci pokrývající pevniny a oceány málo geostacionárních družic, jako má park Inmarsat. Ku pásmo může být použito na sekundárním rozdělení letecké družicové pohyblivé služby (AMSS), ale šířka pásma je malá a pokrytí je většinou poskytováno na kontinentech. V budoucnu je plánováno vypuštění K / Ka-band satelitů, ale opět se bude jednat především o kontinentální pokrytí.

Při zvažování wireless technologie tedy muselo být zohledněno:

- použití různých satelitních systémů, které budou pravděpodobně muset podporovat různé služby nosičů;
- propojování více satelitních systémů.

Předpokládá se, že každý satelitní segment je připojen přes pozemní síť WAN nebo přes IP páteřní síť poskytovatele služeb.

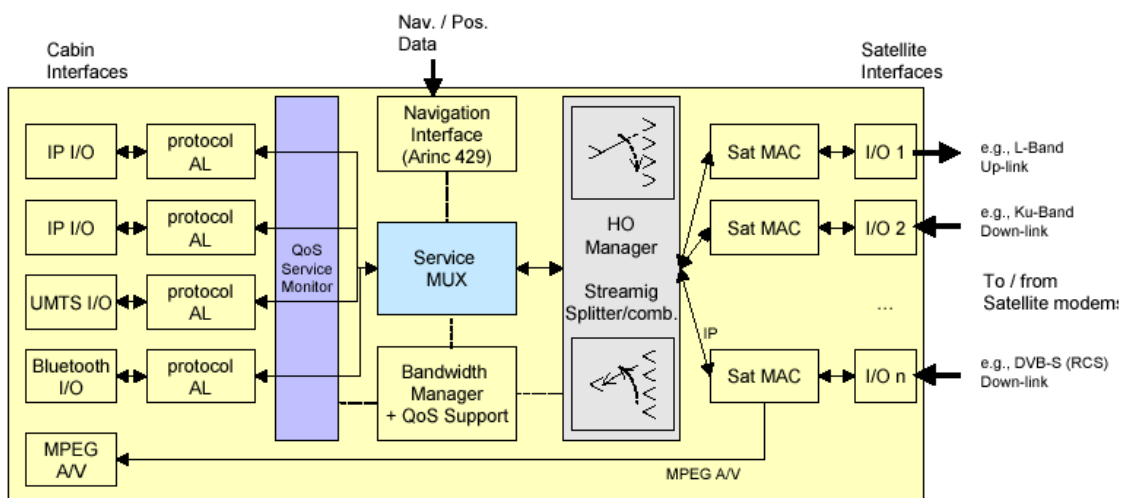
Systémy kabiny se také musí vyrovnat s asymetrií toku dat při up a down link.



Obr. 11 Družicový segment. [17]

Palubní segment

Různé bezdrátové přístupy UMTS, W-LAN a Bluetooth vyžadují integraci služeb přes satelit. Centrální část služeb je tzv. *Service Integrator* (dále SI) obr. 12. Integrátor bude poskytovat rozhraní pro bezdrátové i pevné přístupové body na palubě, stejně jako rozhraní k pozemním sítím. Jednotlivé vstupy do SI přísluší daným druhům sítí, sjednocujícím prvkem je stejný protokol. SI fakticky transformuje data do jednoho přenosového kanálu a zpět. Jedním ze vstupů je i NAV/ POS ze systému FMS. SI můžeme přirovnat k bráně - umožňuje fakticky předání informací na družici a zpět. [17]



Obr. 12 Palubní segment- Service Integrator. [17]

Pozemní segment

Přijímá a vysílá signál družice-zem a dále ho zpracovává. Součástí segmentu je také Service Integrator. Funkce SI je obdobná jako na palubě letadla. Uskutečňuje propojení s lokálními sítěmi.

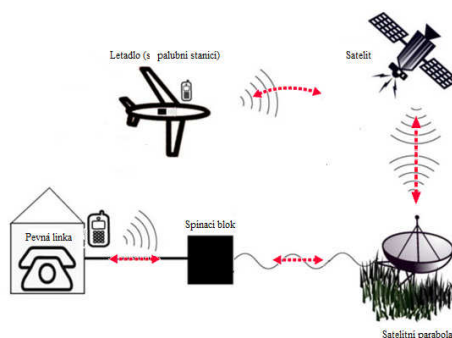
Dalším problémem je dimenzování systému jako celku. Službu můžeme celkem bez problému poskytnout jednomu letadlu, ale problém nastává při nahuštění provozu jak prostorově tak časově. Kapacita celého systému musí být flexibilní s možností směřování.[17]

2.5.3 Mobilní telefony na palubách letadel

Platí obecné pravidlo, že používání mobilních telefonů ve vzduchu může být zakázáno dopravcem a také regulačními agenturami na daném území (např. FAA a FCC v USA). Nicméně s určitou technologií již někteří dopravci umožňují používání mobilních telefonů na vybraných tratích. Příkladem takového palubního satelitního telefonu je zařízení SKYLink společnosti ARINC Direct. Toto zařízení poskytuje službu využívající širokopásmové satelitní spojení převážně pro business cestující. Telefonní hovor je přenášen jako služba *Voice Over IP* (VOIP).

Dnes si mohou zavolat cestující společnosti Ryanair, poskytovat volání na palubách zkoušejí i další společnosti jako Emirates a Air France. Experti sice dlouho tvrdili, že volání na palubách letadel může být nebezpečné, letecké společnosti se to ale snaží umožnit především proto, že vidí v používání telefonů ve svých letadlech možnost dalších příjmů. Na vývoji zpřístupnění volání během letů se aktivně podílejí i výrobci letadel Airbus a Boeing. Přes některé protesty nakonec tyto služby povolil jako první britský regulátor Ofcom a následně jeho rozhodnutí potvrdila i Evropská komise.

Používání mobilního telefonu umožňuje Air France ve spolupráci se společností OnAir. Architektura systému je navržena tak, aby nedocházelo k ovlivňování palubních systémů - na palubě letadla je vytvořena vlastní mobilní síť, která s pozemní částí komunikuje přes satelit (jednou ze společností, které stály u zrodu mobilní satelitní komunikace je Inmarsat). Na letadlo je nainstalována malá mobilní základní stanice, tzv. pico buňka (*pico cell*), které se zapne po startu po dosažení výšky 3000 m. Stanice vytváří „bublínu“ pokrytí kolem letadla. Uskutečněné hovory přes pico buňky jsou směrovány na pozemní síť přes satelitní spojení. Rádiové kapacity pro tyto technologie byly vyhrazeny po celé Evropě, přičemž služby mohou přestat pracovat, jakmile letadla opustí evropský vzdušný prostor.



Obr. 13 Systém mobilních telefonů na palubě letadla.

3. Co je širokopásmové připojení a co znamená satelitní

širokopásmové připojení?

Označení broadband, wideband neboli širokopásmové připojení je propojení dvou míst datovou linkou. Neexistuje žádná všeobecně přijímaná definice tohoto pojmu. Dle stanov ITU je toto označení používáno pro datové připojení s rychlostmi ekvivalentní nebo vyššími, než poskytuje digitální služba ISDN, speciálně ve variantě PRI ((30+2)x64 kb), tedy 2048 kb/ s. Toto se však liší od politicky definovaných rychlostí, proto je možné narazit na neshodu s výše uvedeným údajem.

Pomocí družic lze vytvořit spoje s rychlostmi několik desítek Mb/s, které se svými vlastnostmi plně vyrovnají pozemním spojům. Mezi hlavní nevýhody spojené s použitím družicového spoje patří zpoždění vznikající při přenosu. To dosahuje až stovek milisekund. Další omezení může být spatřováno v asymetričnosti pásma.

Aplikacemi stávajících i perspektivních družicových služeb v LD mohou být:

- propojení poboček s centrálou;
- komunikace v rámci plošně rozsáhlé firmy;
- komunikace s klienty, dodavateli apod.;
- komunikace do zahraničí;
- přístup do vzdálených databází (Remote Database Acces);
- řešení v lokalitách bez pozemních páteřních sítí;
- geograficky rozsáhlé datové a telekomunikační sítě;
- komunikace nebo distribuce typu bod-více bodů (point to multipoint) s velkým počtem terminálů;
- ověřování platebních a kreditních karet;
- rezervační systémy pro letecké společnosti;
- interaktivní služby, kdy účastník ze svého přijímacího místa může vstupovat do děje a vyžadovat další informace;
- přenos hlasu, telefonní hovory, telekonference;
- přenos obrazu, přenos statických obrazů je realizován přenosem dat s častým využitím kompresních algoritmů (JPEG), videokonference;
- poskytování různých forem her (lze i interaktivita, možnost více účastníku při hře...);
- přenos videa zahrnuje přenos TV signálu v různých normách (PAL, NTSC, B-MAC) včetně perspektivního digitálního přenosu;

- pevný virtuální okruh (PVC - Permanent Virtual Circuit);
- uzavřená uživatelská skupina (CUG - Closed User Group);
- skupinové vyhledávání (Hunt Group);
- volání na účet volaného (Reverse Charging);
- jednosměrné vysílání dat (Data Broadcasting).

Tab. 2 Porovnání charakteristik různých služeb

Použití	Přenosová rychlost			Provozní vlastnosti			Provozní vztahy			Symetrie			Způsob spojení	
	<=10 Mb/s	<=30 Mb/s	>100 Mb/s	Konstantní přenosová rychlost	Proměnná přenosová rychlost	Shlukový provoz	Spojení bod-bod	Vícebodové spojení	Distribuční spojení	Jednosměrné	Obousměrné (asym.)	Obousměrné (sym.)	Se sestavením spojení	Bez sestavení spojení
Spojení velkých PC			*			*	*				*	*	*	
Sítě LAN	*	*				*	*	*			*	*	*	*
Přenos obrazů	*	*				*	*	*		*			*	*
Videokonference	*			*	*		*	*				*	*	
Multimediální spojení	*	*		*	*	*	*	*		*		*	*	*
Multimediální služby na vyžádání	*	*		*	*	*	*	*			*		*	*
Výměna programů mezi studii		*	*	*			*	*		*			*	
Distribuce programů TV	*			*	*			*	*	*			*	

Širokopásmové připojení tedy umožňují telekomunikační sítě označované jako **širokopásmové ISDN** (*B-ISDN, Broadband ISDN*), které využívají kanály s šířkou pásma 155 až 622 Mb/s. Poskytují služby orientované převážně na přenosy obrazu v kvalitě televizního přenosu a rozšíření současného přenosu obrazu, zvuku a dat. Jedná se o přímé pokračování úzkopásmové digitální sítě s integrovanými službami. Technologie satelitní digitální komunikace umožňuje poskytovat vysokorychlostní připojení bez závislosti na existující pozemní komunikační infrastruktuře. Pro satelitní přenos je charakteristická velmi vysoká kapacita a široký geografický dosah, jimiž překonává omezení pozemních páteřních sítí a poskytuje uživatelům nové možnosti širokopásmových služeb. Příkladem těchto technologií jsou ATM (*Asynchronous Transfer Mode*)- asynchronní přenosový mód. ATM

umožňuje kombinovat do společného signálu obraz, data nebo hovorové signály, směřovat jednotlivé složky signálu nebo skupiny signálů a poskytovat potřebný přenosový kanál i podle okamžité potřeby uživatele s ohledem na přenosovou rychlost, zpoždění a kvalitu přenosu. ATM není technologií na fyzické úrovni, není závislá na fyzickém médiu.

Technologie ATM byla vyvinuta v rámci vývoje B-ISDN. Z počátku se jednalo o přenosovou technologii těchto širokopásmových sítí, posléze se technologie vyčlenila jako přenosová technologie použitelná i samostatně - mimo B-ISDN, a dále se vyvíjí nezávisle na něm. Princip ATM je navrhovaný Mezinárodní telekomunikační unií ITU – T (*International Telecommunication Union, Telecommunication Section*, dříve *CCITT*) jako standard pro sítě širokopásmových služeb a aplikací.

3.1 Základní princip ATM

Pro popis ATM technologie lze pro účely této DP použít víceúrovňový model podobný známému sedmivrstvovému OSI modelu. Strukturu technologie ATM můžeme znázornit následujícím obrázkem:

Klasické aplikace (telnet, ...)	Nové aplikace (hlas, video, ...)
LAN Patch	
Adaptace na ATM	
ATM síťová vrstva	
Fyzická vrstva	

Obr. 14 Struktura ATM

Stručný popis jednotlivých vrstev:

- LAN Patch: Běžně používané počítačové aplikace jsou postaveny na protokolu IP, případně IPX. LAN Patch zajišťuje potřebu, aby nad ATM běžel protokol IP, případně IPX;
- adaptační vrstva: Žádná aplikace neprodukuje data, která chce přenášet po síti, v podobě 53 bytových ATM buněk. Adaptační vrstva má za úkol provést tzv. SAR (*Segmentation And Reassembly*), tj. segmentovat velké datové pakety na ATM buňky a následně spojit ATM buňky do původních paketů. Kromě toho zajišťuje jistou úroveň řízení přenosu a synchronizace komunikujících stanic;
- síťová vrstva: Zajišťuje doručení ATM buňky od odesílatele k adresátovi, tj. zajišťuje směrování, řeší chování sítě při zahlcení jednotlivých cest apod.;

- fyzická vrstva: Zajistí správné zabalení ATM buněk do protokolu patřící fyzické vrstvy (např. SONET, E3, ...). V této podobě jsou ATM buňky směřovány přenosovým médiem.

ATM používá techniku rychlého spojování paketů na principu asynchronního multiplexování. Přenos a zpracování informace v síti dosahuje vysoké jakosti. Je možno zabezpečit všechny druhy služeb, ale i sémantickou či časovou transparentnost signálu.

Provoz v sítích ATM je tedy segmentován do paketů pevné délky. Tyto pakety jsou tzv. buňky (*cells*). Každá buňka se skládá z hlavičky dlouhé 5 bytů a informační části (*payload data*) dlouhé 48 bytů. Hlavička se používá k označení buněk, které patří k jednomu spojení. Různá, současně probíhající spojení na jedné přípojce ATM se liší označením v záhlaví buňky.

ATM používá princip spojovaných služeb. Dříve než mohou účastníci komunikovat, musejí informovat všechny mezilehlé přepínače o svých požadavcích. Na rozdíl od synchronní varianty na bázi časového multiplexu u asynchronní varianty není apriorně určeno, komu který konkrétní slot (resp. buňka) patří, neboli co jsou zač data v něm obsažená. Data jsou do jednotlivých ATM buněk vkládána podle okamžité potřeby a ne podle předem stanoveného pravidla, které by nedokázalo průběžně reagovat na momentální situaci.

ATM spolupracuje s buňkami na virtuálních cestách. Virtuální cesty lze dále dělit na virtuální kanály, přičemž obě dvě úrovně pracují s různými objemy informace. Identifikátor kanálu VCI (*VC Identifier*) je jedinečný jen v rámci cesty. Každá virtuální cesta má svůj identifikátor – značí se VPI.

Virtuální cesty a virtuální kanály umožňují vytvořit spojení ve dvou úrovních:

- spojování na úrovni virtuálních cest, prováděná v přepojovacích prvcích ATM;
- spojování na úrovni virtuálních kanálů, která se realizují v uzlech sítě přepínači (*switches*) virtuálních kanálů. Přepínač analyzuje hlavičky buněk na vstupním rozhraní a dle jejich obsahu předá buňky na příslušná výstupní rozhraní.

Spojování virtuálních kanálů má smysl jenom při spojování do jiné cesty (změna cesty). Než začneme s přenášením dat, je nutné vytvořit cestu. ATM je spojově orientovaný mód, ale umožňuje i spojení s bezspojovou orientací. Zde jsou důležité 2 virtuální okruhy a to PVC a SVC:

- pomocí PVC (permanentní virtuální kanál) lze virtuální okruhy konfigurovat. Na každém ATM přepínači v předpokládané cestě okruhu se musí specifikovat, jakým kanálem (který interface, VPI/VCI) okruh pokračuje k dalšímu přepínači.

Při definici takovéto tabulky pro daný okruh je možné přímo specifikovat třídu služby i konkrétní QoS parametry;

- SVC zprostředkovává dynamické vystavování virtuálních okruhů prostřednictvím SVC kanálů (*Switched Virtual Circuits*). To však již vyžaduje jednotnou ATM adresaci v celé síti a existenci signalizačních protokolů.

V uzlech sítě se odehrává proces identifikace a směrování buňky. Za tímto účelem se rozeznává buňka v toku multiplexu ATM. Z jejího záhlaví se vyzvedávají potřebné informace, u kterých se provádí kromě kontroly chybovosti uživatelské informace i kontrola provozních toků.

Řízení provozu se provádí na základě parametrů dohodnutých již při žádosti o spojení. Spojení vybočující z dohodnutých mezí nebo spojení s nevyhovujícími parametry se odmítá.

Dohled nad dohodnutými parametry spojení, jako je například přenosová rychlost zdroje informace a další parametry, se provádí na vysílací straně na uživatelském rozhraní. Odtud se realizují případná omezení směrem ke zdroji informace.

Na základě kontroly se na straně příjmu žádá o opakování v uzlech sítě. V širokopásmových sítích založených na ATM existuje možnost, aby určitý terminál využíval službu s proměnnou rychlostí, ale také zároveň současně využíval různé služby. To je možné pouze v případech, kdy zařízení pracuje v síti ATM. Dále tyto sítě splňují podmínky pro zavedení multimediální širokopásmové komunikace. Podle schopnosti terminálů se na multimediální komunikaci mohou účastnit zařízení několika sítí. Multimediální komunikace zasahuje určitým způsobem do všech druhů služeb.

Uživatel může interaktivně větvit a využívat informační objekty nebo i vytvářet mezi nimi spojení. Prostřednictvím většího počtu cest může získat nejrůznější data. [23]

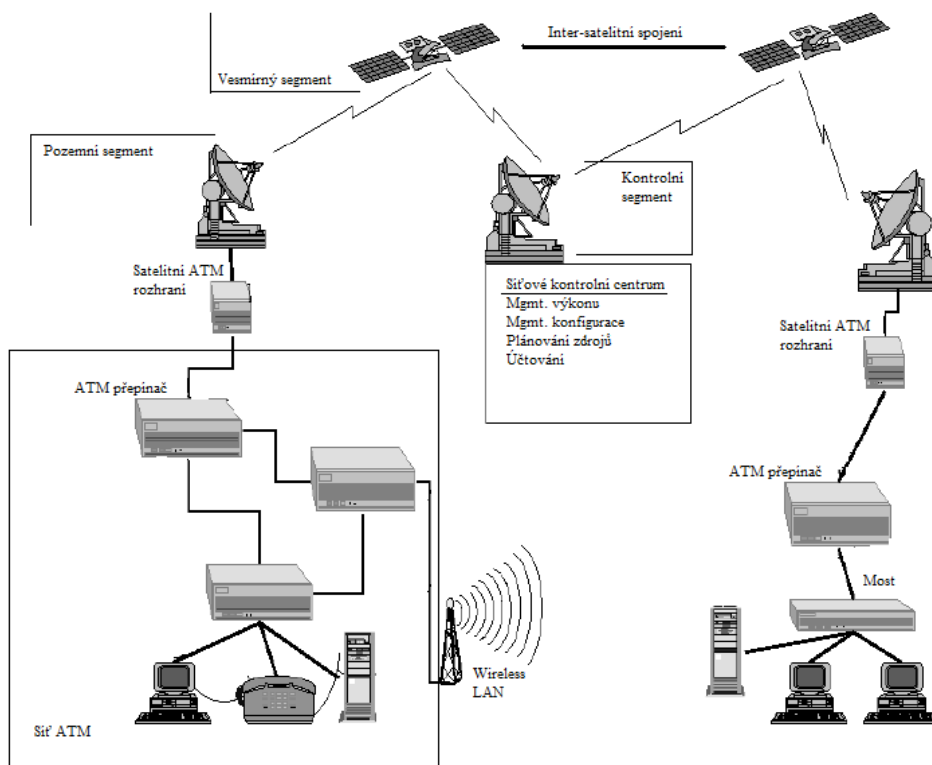
3.2 Družicové ATM sítě

Díky široké dostupnosti multimediálních technologií a rostoucí poptávce po elektronických připojení kolem celého světa, hrají satelitní sítě nezastupitelnou úlohu v rámci globálních sítích. Ka-band satelity s využitím gigahertzových frekvenčních spekter mohou dosahovat uživatelských terminálů na většině území obydleného světa. V důsledku toho může být ATM založené na satelitních sítích efektivně využito pro komunikační služby do vzdálených oblastí v reálném čase, stejně jako nereálném čase. Satelitní komunikační technologie nabízí celou řadu výhod oproti tradičním pozemním point-to-point sítím. Patří k nim např.:

- široké geografické pokrytí zahrnující propojení „ATM ostrovů“;

- šířku pásma na vyžádání či DAMA (*Demand Assignment Multiple Access*);
- alternativu pro optické a jiné sítě pro komunikaci po případné pozemní havárii;
- dostatečně rychlé přípravy a prezentace všech druhů informací;
- dynamické řízení všech multimediálních aplikací, zejména sestavování, dohledu a rušení spojení;
- dohled na synchronizaci signálů vyjadřujících informace a na kvalitu spojení;
- vysokou míru inteligence spojené s jednoduchou obsluhou;
- dostatečnou kapacitu a flexibilitu s ohledem na nutnost propojování více služeb současně pro jedno koncové zařízení;
- schopnost poskytnout služby v komunikaci se spojovou orientací i s orientací bez spojení;
- velkou rychlost výměny dat;
- možnost podpory synchronizace koncového zařízení pro třídy synchronních služeb, potřebnou adaptabilitu pro rozvoj dalších služeb. [23]

Nicméně satelitní ATM sítě mají také některá omezení. Prostředky satelitní komunikační sítě, zejména na vesmírné a pozemní stanice, jsou drahé a obvykle mají nízkou redundanci. Navíc musí být pro efektivní použití robustní.



Obr. 15 Model satelitní ATM sítě

Na obrázku 15 je možný model družicové ATM sítě. Je reprezentován pozemním, vesmírným a kontrolním segmentem.

- **pozemní segment:** skládá se z ATM sítí, které mohou být dále spojeny s jinými běžnými sítěmi;
- **kontrolní segment:** zabezpečuje různé funkce řízení a přidělování zdrojů pro satelitní nosiče;
- **vesmírný segment:** inter-satelitní spojení poskytuje jednotné globální spojení přes soustavy satelitů. Síť ATM umožňuje přenos ATM buněk přes družici, multiplexování a demultiplexování ATM buněk pro uplink a downlink a rozhraní pro propojení ATM sítí s běžnými LAN. Satelitní ATM síť obsahuje zařízení pro vytvoření rozhraní spojující ATM síť se satelitním systémem. Toto rozhraní se používá pro přidělování zdrojů, řízení hovorů, kontrolu chyb, regulaci provozu apod.

4. Širokopásmové družicové systémy a jejich služby využívané v letecké dopravě

Tato část práce v prvním kroku nastíní pozadí problematiky technologií družic - jejich služeb a systémů. Další krok bude věnován detailnějšímu pohledu na aktuální širokopásmové satelitní sítě – toto se týká hlavně systémů INTELSAT, ASTROLINK, EUTELSAT. Bude se věnovat družicím a jejich oběžným drahám a technickým charakteristikám rádiového rozhraní širokopásmových globálních družicových systémů.

4.1 Rozsah širokopásmových frekvencí

Stejně jako pozemní radiové spoje, tak i satelitní používají různá pásma. Super vysoké frekvence SHF (*Super High Frequency*) (3 až 30 GHz) jsou nejčastěji používaným frekvenčním pásmem pro širokopásmové aplikace. V rámci SHF existují tři hlavní frekvenční a vlnová pásma, která jsou definovaná ve smyslu standartu IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 521/1984 (1984), jak je uvedeno v tab. 3.

Tab. 3 Frekvence SHF

Název	Frekvence	Up-link (GHz)	Down-link (Ghz)	Vlnová délka	Původ označení	Popis - použití	Otázky
C	4 - 8 GHz	3,7-4,2	5,925-6,425	7,5 - 3,75 cm	anglicky Compromise = kompromis mezi pásmy S a X	satelitní radiolokační opakovače, meteorologické radiolokátory	rušení s pozemním spojením
Ku	12 - 18 GHz	11,7-12,2	14,0-14,5	1,67 - 2,5 cm	?	vysoké rozlišení, vysokorychlostní komunikace (TV, multimédia, atd..)	útlum kvůli dešti
Ka	27 - 40 GHz	17,7-21,7	27,5-30,5	0,75 - 1,11 cm	podle fonetického vyslovení hlásky K - Ká	krátký dosah; mapování, řízení letového provozu v dosahu letiště; policejní fotografické radary (spustí fotokameru, když jedete na červenou, mají frekvenci 34,3 GHz ± 100 MHz), VSAT	vysoké náklady na zařízení

Tato pásma byla vybrána jako spektrální okna, ve kterých je nízký atmosférický útlum a nízký vnější šum. Pro uplink a downlink jsou užívány různé frekvence. Tím je minimalizována ztráta energie mezi palubními vysíláči a přijímači. Navíc pro downlink, který je náročnější, se používá vždy nižší frekvence, protože je zde menší atmosférický útlum.

Pásmo C je nejpoužívanějším pásmem. Jeho frekvence jsou také přiděleny pozemním rádiovým systémům. Pro minimalizaci rušení jsou stanoveny mezinárodními předpisy hustoty

toku energie satelitních přenosů. Směr paprsku antény, který zaměřuje energii na určité místo pomocí C pásma, pokrývá obvykle velkou oblast. Pásmo je citlivější na vlivy ionosféry než pásmo Ku, ale méně citlivé na vlivy vody v atmosféře.

Paprsky pásma Ku jsou zaměřovány na menší oblasti (kontinent či zemi). Pásmo Ku vzniklo v důsledku nepostačující kapacity pásma C s cílem uspokojit požadavky zákazníků na vyšší frekvenční propustnost. Vzhledem ke své menší vlnové délce zde dochází k větším útlumům kvůli dešti. K překonání těchto útlumů se používá přídatný výkon. To znamená, že zde musí být k dispozici dodatečné napájení na palubě satelitu, a také systémy musí mít citlivější příjem k překonání útlumu deště. Pásmo je kompromisem mezi silou signálu, použitelnou šířkou signálu (určenou mezinárodními úmluvami), citlivostí na vlivy atmosféry a vlivy ionosféry.

V posledních letech jsou vyvíjeny družice operující v pásmu Ka pro další pokrytí frekvenčních požadavků (zejména díky exponenciálního růstu zájmu o přístup k internetu) a to i navzdory vyššímu atmosférickému pohlcování mikrovlnného záření.

4.2 Vesmírný segment

Vesmírný segment lze rozdělit na dvě části:

- satelitní platformu (základní rám a konstrukce družice),
- užitečné zatížení.

Užitečného zatížení družice se používá ke stabilizaci polohy družice. Zařízení je variabilní vzhledem k typu satelitu. Družice lze rozdělit na pasivní a aktivní. Pasivní družice slouží jen k odrazení signálu. Pro aplikace WAN u širokopásmových komunikačních družic jsou výhodnější aktivní družice, které pomocí transpondérů přijímají signál vysílaný ze Země (up-link) a následně ho sníží (transponduje) do jiného frekvenčního pásma a vysílají zpět k Zemi (down-link). Napájení je realizováno prostřednictvím solárních článků. Dopadající signál se odráží od parabolické plochy antény do jejího ohniska, ve kterém je umístěno elektronické zařízení konvertor. Přijatý signál je velmi slabý, proto je v konvertoru antény zesílen a frekvence nosné vlny signálu je dále snížena (zkonvertována) asi na desetinu původní hodnoty, aby mohla být dále zpracována.

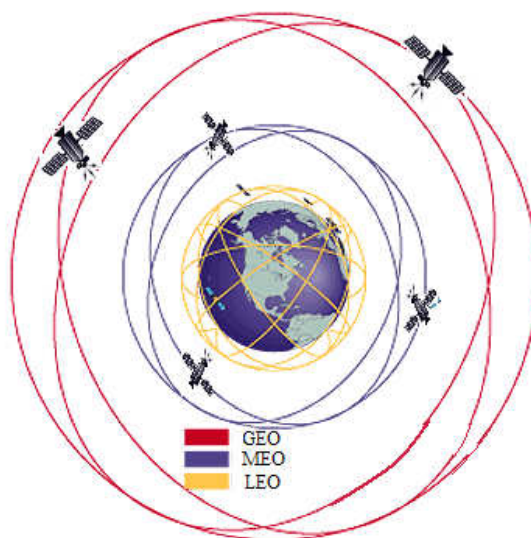
Jedním z určujících charakteristik kosmického segmentu jsou oběžné dráhy, ve kterých satelity obíhají a fungují. Volba konfigurace systému a dráhy družice širokopásmové komunikace závisí především na požadavku na geografické pokrytí, typu služby (širokopásmové IP, vysílání nebo multi-casting, nouzové komunikace apod.), úhlu satelitu pro

dosah pozemních stanic (větší úhel znamená méně prostoru pro šum), dostupnost zdrojů na oběžných drahách, náklady a životnost satelitní sítě, atd.

V podstatě rozlišujeme pět základních typů drah pro komunikační družice. Jsou jimi nízké oběžné dráhy (LEO), střední oběžné dráhy (MEO), geosynchronní či geostacionární oběžné dráhy (GEO) a molniya. Pro širokopásmové družicové systémy se dnes používají převážně družice, které se používají oběžné dráhy GEO, LEO a MEO. Každá orbita má své výhody i nevýhody, které jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4 Popis používaných orbit

Popis/Typ	Výška (km)	Doby oběhu	Doba zpoždění signálu	Výhody	Nevýhody
LEO	200-1200	80-130 min	5 ms	Nižší náklady na spuštění. Krátké zpoždění signálu. Nejmenší ztráty šířením a nejmenší nutné EIRP na straně satelitu i pozem. terminálu.	Velký Dopplerův posuv frekvencí (až 25ppm). Malé pokrytí území. Velká pravděpodobnost nutnosti předat přenos další družici. Nižší životnost zařz.(5-8 let).
MEO	1200-35 286	5-10 hod	10 ms	Velké pokrytí signálem. Menší EIRP na obou stranách. Menší zpoždění (dovoluje flexibilitu). Snadnější pokrytí a realizace spojení mezi satelity než u LEO.	Dopplerův posuv frekvencí (asi 6ppm). Je třeba větší počet družic na pokrytí než u GEO.
GEO	35 786	24 hod	260 ms	Jednodušší realizace systému. Téměř nulový Dopplerův posuv. Velké pokrytí (až 42,2% zem.povrchu).	Nutnost velkých EIRP. Drahé pozemní stanice díky slabému signálu. Velké zpoždění způsob. velkou vzdáleností.



Obr. 16 Orbity LEO, MEO, GEO

4.3 Palubní segment

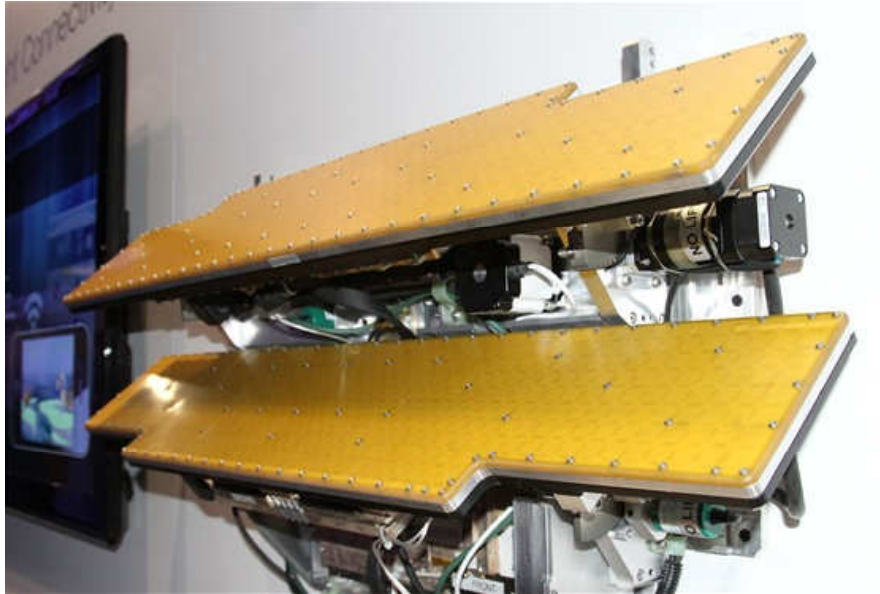
Palubní segment zahrnuje zařízení pro příjem a zpracování signálů z družicového spojení na palubě letadla jako jsou antény, modemy, routery apod. Potřeba bezdrátového přenosu dat širokopásmových kanálů při velmi vysokých přenosových rychlostech v oblasti mobilní družicové komunikace nepřetržitě roste. Zejména v oblasti letectví je bohužel nedostatek vhodných antén, které splňují podmínky vyžadované pro mobilní použití (malé rozměry a nízká hmotnost). Kromě toho jsou směrové bezdrátové komunikace se satelity (například v Ku pásmu a Ka pásmu) předmětem extrémních požadavků na přenosové charakteristiky anténních systémů, protože musí být spolehlivě vyloučeno rušení sousedních satelitů či systémů.

Antény umístěny na draku letadla dokáží přijímat satelitní i terestrické televizní vysílání. Slouží zároveň pro přenos vysokorychlostního internetu. V leteckých aplikacích jsou velmi důležité hmotnost a velikost anténního systému, neboť je zde snaha o snížení užitečného zatížení letadla a tím samozřejmě i snaha o snížení dalších provozních nákladů. Problém je tedy poskytnout anténní systémy, které jsou optimálně malé a lehké, a které přesto budou v souladu s regulačními požadavky pro vysílání a příjem. Tyto regulační požadavky jsou většinou dané normami a zajišťují, že nebude docházet k rušení signálů sousedních satelitů během směrového přenosu z letadlové antény. Pro tento účel jsou definovány typické obálky spekter (obáلكové křivky) o maximální hustotě výkonu, jako funkce separačního úhlu k cílové družici. Během vysílání anténního systému nesmí být překročeny hodnoty uvedené pro konkrétní úhly.

Letadlové antény tedy musí splňovat:

- minimální rozměr v souladu s regulačními požadavky;
- maximální účinnost antény s minimální hmotností;
- velká šířka pásma s cílem pokrýt vysílací a přijímací frekvence (například Ku pásmo provozované v oblasti 10,7 - 12,75 GHz a 13,75 - 14,5 GHz);
- velmi dobré směrové charakteristiky;
- vysoké polarizační separace;
- kompenzování zemského zakřivení tím, že sleduje polarizační roviny lineárně-polarizovaných signálů.

Výrobce letadel Airbus i Boeing používá anténní sestavy např. od firmy Panasonic. Základem je Ku bandová anténa (*AURA-LE Ku band*). Technologie umožňuje přijímat signál i ve Full HD či 3D.



Obr. 17 Panasonic AURA-LE Ku band anténa [24]



Obr. 18 Panasonic palubní modem a router [24]

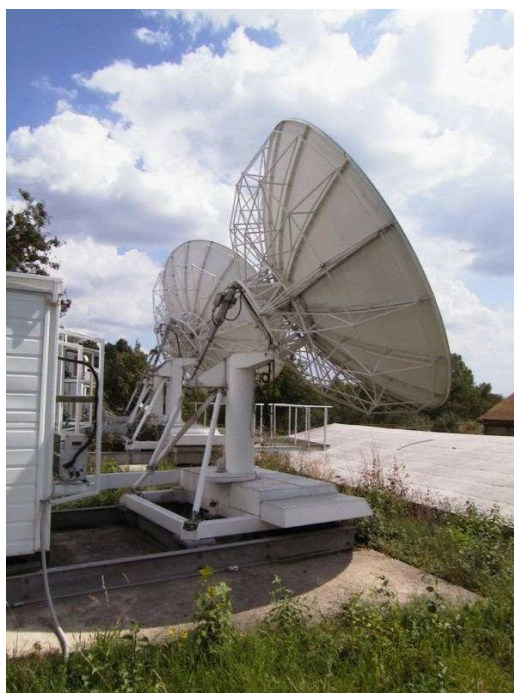
4.4 Pozemní segment

Tato část je také známa jako terminál. Skládá se ze zařízení na zemi, které získává a vysílá signály ze a do satelitu. Nejběžnější zařízení pro datové služby širokopásmových aplikací je VSAT (velmi malá apertura, *Very Small Aperture Terminal*). VSAT je označení pro koncový uživatelský terminál s aperturou antény o malé ploše, který je připojený do komunikační sítě přes družici. Lze také říci, že se jedná o síť složenou z terminálů s malými rozměry antén. Koncová zařízení umožňují obousměrnou komunikaci, přičemž průměry antén terminálů se pohybují v rozmezí 0,75 m až 1,2 m, v krajních případech nepřesahují rozměr 3 m.

Retranslační družice umístěná na orbitě umožňuje pokrytí území signálem a také usnadňuje konstrukci koncových i centrálních zařízení z hlediska směrování antén. S rychlým

vývojem v oblasti širokopásmové techniky dochází ke stálému zdokonalování komunikačních zařízení a k poklesu konečné ceny jak uživatelských terminálů, tak poskytovaných služeb.

V České republice je výhradním provozovatelem sítě VSAT společnost Gity, která pro pokrytí území střední Evropy využívá signál geostacionární družice AMOS 3 v pásmu Ku. Družice je spravovaná společností Spacecom a je umístěna na 4° západní délky.



Obr. 19 Teleport

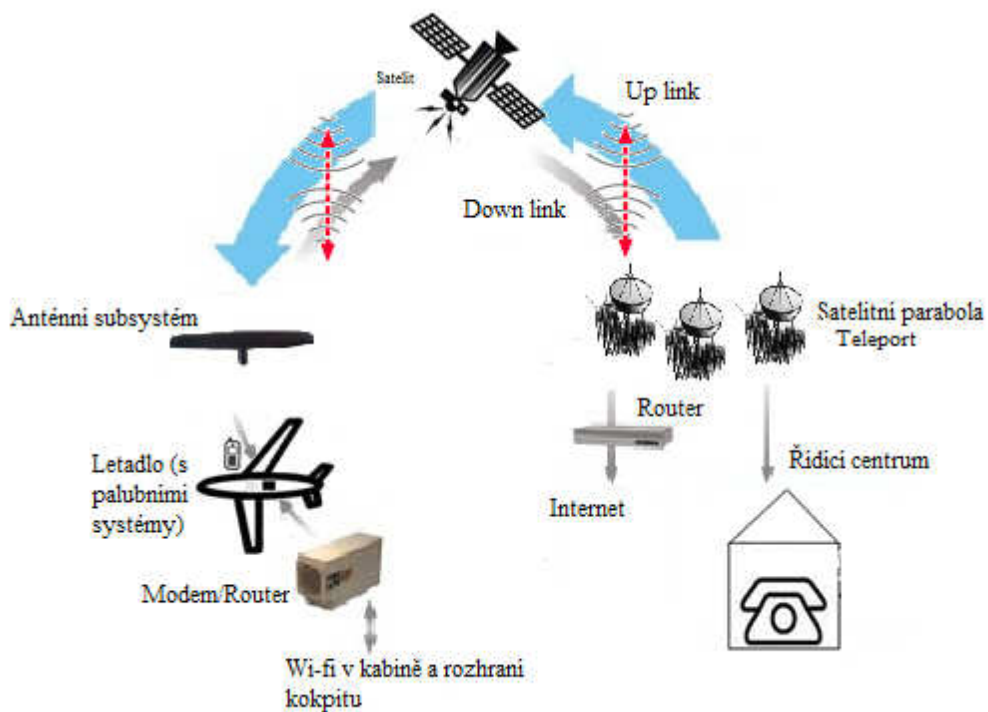
4.5 Řídící segment

Řídící segment je zodpovědný za provoz celého systému. Zahrnuje kontrolní platformy pro kontrolu užitečného zatížení a kontrolu sítí. Segment se skládá z pozemních satelitních kontrolních systémů, zařízení na palubě satelitu a komunikačních spojovacích sítí spojující kontrolní zařízení.

Network Control Station (NCS) provádí různé kontrolní a řídicí funkce jako např. konfiguraci řízení, přidělování zdrojů, konfiguraci výkonnosti a řízení provozu. Počet a umístění těchto NCS závisí na velikosti sítě, pokrytí, dalších mezinárodních normách a regulačních otázkách.

Teleporty (různé druhy vysílacích antén), jsou velká část řídicího ovládacího segmentu. Poskytují dodatečné monitorování a management sítě. Teleporty zabezpečují konektivitu mezi koncovými uživateli služeb stejně jako poskytování přístupu k pozemním

komunikačním infrastrukturám. Někdy mohou být části řídicího segmentu zahrnuty v pozemním segmentu.



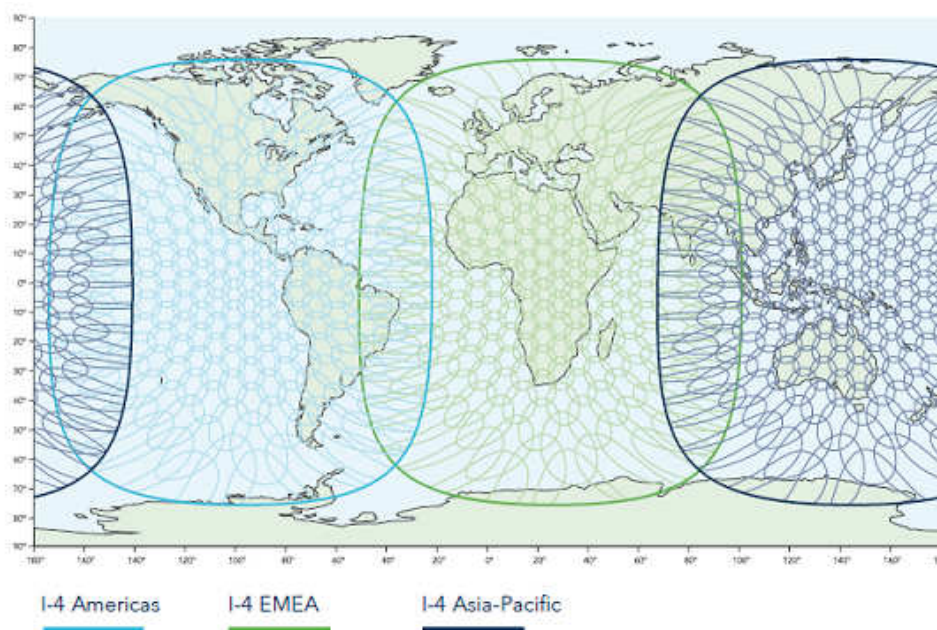
Obr. 20 Segmenty širokopásmového připojení

4.6 Poskytovatelé satelitního připojení

4.6.1 INMARSAT

Provozuje soubor geostacionárních družic, které přenášejí telefonní hovory, fax a data do celého světa kromě pólů. Od svého vzniku v roce 1979 do současnosti poskytuje spojení již více než 287 tisícům převážně mobilních stanic jako jsou lodě, letadla, vozidla nebo stanice v odlehlých oblastech přes flotilu geostacionárních družic..

INMARSAT je jedním z nejzkušenějších a nejrozšířenějších poskytovatelů v oblasti satelitní komunikace v odvětví letecké dopravy. Poskytuje služby umožňující cestujícím na palubě letadla telefonovat, připojit se k internetu a emailu a zároveň umožňuje pilotovi udržovat přímý kontakt s řízením letového provozu, dává informace o počasí v reálném čase, poskytuje přístup k informacím o nejspornějších oceánských letových trasách, o poloze letadla a informace o stavu pro pozemní personál.



Obr. 21 Pokrytí družicemi INMARSAT-4[19]

System lze rozdělit do následujících segmentů:

- **Vesmírný segment:** Segment se skládá z družicových komunikačních transpondérů s příslušnými frekvenčními pásmy (1,5/1,6 GHz a 4/6 GHz). Jedná se o flotilu satelitů INMARSAT – 4 (I-4) a INAMRSAT – 5 (I-5). I-4 je jedna z nejvyspělejších sérií satelitů pro mobilní komunikaci. Tvoří ji tři družice. Konstelaci družic I-5 vybuduje americký letecký výrobce Boeing. První

etapa má být dokončena do roku 2013. Vysílat bude na extrémně vysoké frekvenci v pásmu Ka.

- **Pozemní segment:** Segment je rozdělen na jednotlivé stanice:
 - **stanice MES** (*Mobile Earth Station*): mobilní pozemské stanice, převozná po umístění na prostředky námořní, letecké nebo pozemní dopravy či přenosné pro personální komunikaci. S družicí komunikují v frekvenčním pásmu 1,5/1,6 GHz;
 - **stanice LES** (*Land Earth station*): pevná pozemská stanice, rozhraní vůči kosmickému segmentu. Systém nepoužívá přímou komunikaci mezi jednotlivými družicemi, spojení mobilní stanice se uskutečňuje vždy přes některou LES v dané zóně. Stanice LES pracují v pásmu 6/4 GHz a slouží zároveň pro komunikaci mezi mobilní stanicí a pozemskými telekomunikačními sítěmi;
 - **stanice NCS** (*Network Control Station*): celková koordinace sítí, pro účely kontroly a monitorování systému.

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

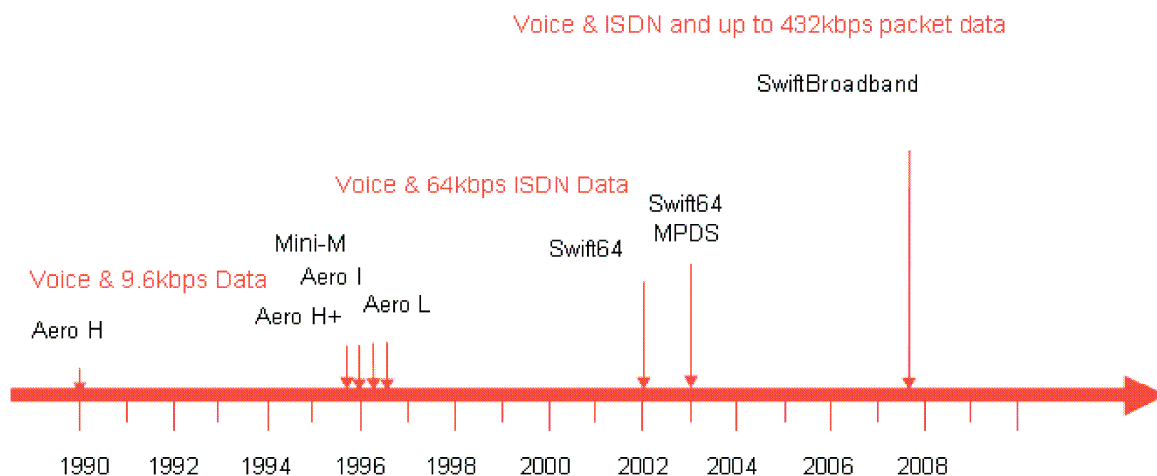
- **INMARSAT-A a INMARSAT-B:** realizována jako skutečně první globální družicová námořní pohyblivá služba v pásmu 1,5/1,6 GHz. Pohyblivé stanice MES se také vyskytují v modifikaci určené pro spojení ze souše. Z hlediska telefonního přenosu hlasu pracuje na analogových principech. Služba nabízí klasickou hlasovou službu a přenos dat. Vývoj kompresních algoritmů dovoluje přenášet v režimu HSD (*High Speed Data*) data rychlostí až 64 kbit/s;
- **INMARSAT - C:** nabízí pouze služby datových přenosů (telex, fax, data) s maximální přenosovou rychlostí 600 b/s a délkou zpráv do 32 kb (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;
- **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 frekvence 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;
- **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;
- **INMARSAT – E:** systém je konstruován jako elektronický námořní maják a nenabízí jiné telekomunikační služby;
- a další jako jsou Aero H, INMARSAT SwiftBroadband.

INAMARSAT SwiftBroadband

Letecké služby představující se ve druhé a třetí generaci družic (Aero H, H +, I, L, Mini M Aero a Aero C) jsou „klasickými službami“. První letecké služby Aero H, byly představeny v roce 1991 a staly se standardními v kabinové datové komunikaci pro mnoho světových leteckých společností a pro soukromé letadla. Po přidání Swift 64 v roce 2002, jako první vysokorychlostní datové služby Inmarsat prokázal, že je velmi populárním řešením pro obchodní a vojenské uživatele, kteří potřebují ISDN datové připojení.

Nadstavbou služby Swift64 je služba SwiftBroadband, která podporuje paketová data TCP/IP (internet) a ISDN komunikaci při rychlostech až 432 kbit/s pro každý kanál. Filosofii této služby je vyhovět potřebám pilotů, palubních průvodců a cestujících dopravních, obchodních a vládních letadel. Inmarsat SwiftBroadband představuje vysokorychlostní datové služby umožňující vyšší propustnost dat při nižších nákladech než tradičně dostupné služby. Časová osa na obr. níže ukazuje historii letecké služby INMARSAT.



Obr. 22 Časová osa historie INMARSAT [19]

Mezi nejvýznamnější společnosti rozvíjející technologie vysokorychlostní datové služby se řadí společnost Boeing se svou, již zaniklou, komunikační službou Connexion by Boeing (CBB). Jako první tuto službu CBB začala v roce 2003 využívat německá letecká společnost Lufthansa (viz. kap. 2.5.1), která testovala internetové připojení po dobu asi 3 měsíce pod obchodním názvem FlyNet.

Německý dopravce FlyNet využívá i dnes, ale již nemá nic společného s Connexion by Boeing. Místo toho provozuje technologii exConnect od Panasonic Avionics Corporation, přičemž telefonní komponenty poskytuje firma AeroMobile, která je jednou ze dvou zahraničních firem (druhá je OnAir), které vedou současné trendy ve vývojích technologií Wi-Fi a/ či mobilní komunikace na palubách letadel.

SwiftBroadband je UMTS služba, která je poskytována INMARSAT satelity čtvrté generace (Inmarsat-4). V současné době je dostupný přes Indický oceán a Atlantik a v budoucnu bude, s výjimkou extrémních polárních oblastí, dostupný i celosvětově. Hlavní rozdíl s dříve poskytovanými službami je především poskytnutí větší šířky pásma. Mezi možnostmi Swiftbroadband technologie patří např.:

- simultánní hlasové a širokopásmové data a jejich přenos;
- IP data rychlostí až 432 kbit/s na kanál (vysoce-zisková anténa);
- IP data rychlostí až 332 kbit/s na kanál (středně- zisková anténa);
- IP data rychlostí až 200 kbit/s na kanál (nízko- zisková anténa SB200);
- jednoduchý a ekonomický upgrade ze systémů Aero H/H+ a Swift64;
- bezproblémové převody mezi úzkými paprsky (*spot beams*);
- samostatné nebo současné použití s dalšími službami Inmarsat.

SwiftBroadband umožňuje celou řadu aplikací pro posádku a cestující. Pro posádku je to především:

- bezpečnostní služby – Automatic Dependent Surveillance (ADS), Controller / Pilot Datalink Communications (CPDLC);
- hlasová komunikace;
- elektronické Flight Bag (EFB), letový plán, aktualizace počasí a map;
- monitorování výkonu motoru a hlášení poruch pro hlavní systémy;
- celkové provozní plánování;
- hlášení o posádce, celková správa.

Pro účely pasažérů poskytuje systém např.:

- telefonní služby: in-seat telefony, mobilní telefony, VoIP a textové zprávy;
- email, internet;
- bezpečný přístup k síti VPN (Virtual Private Network);
- velký přenos souborů : prezentace, grafika, video (multimediální data);
- videokonference.

Nutné podmínky pro provozování systému SwiftBroadband zahrnují např.:

- SwiftBroadband avioniku: družicový modem pro přístup ke službě;
- letadlovou anténu schopnou přijímat SwiftBroadband a další související zařízení jako diplexor, LNA, HPA a kabeláž;
- dohodu s poskytovatelem služby.

Komunikační vybavení pro systém SwiftBroadband vyrábí všichni hlavní výrobci avioniky. Antény jsou k dispozici od firem Chelton Satcom, CMC Electronics, EMS Technologies, TECOM Industries a Thales.

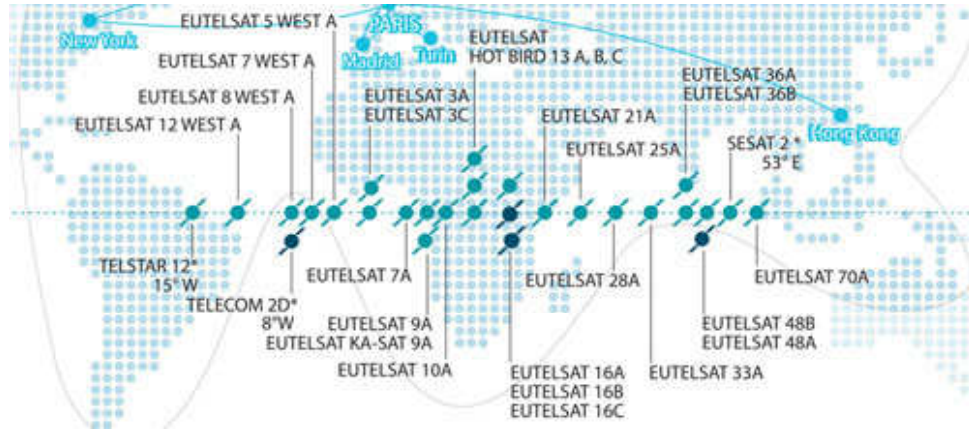
4.6.2 EUTELSAT

EUTELSAT je evropské satelitní konsorcium sestávající ze 47 členských zemí a signatářů. Mezi tři největší patří British Telecommunications PLC, Telecom Italia a France Telecom. Bylo založeno v roce 1977 a je největším evropským satelitním operátorem. Provozuje družice pro pevné a mobilní komunikační služby. Systémy EUTELSAT jako regionální síť pokrývají Evropu, Afriku, pobaltské státy a na východ od Moskvy Rusko. Společnost poskytuje služby pro satelitní telefony, mobilní telefony, video-hovory, internetové připojení, firemní síť, profesionální datové linky, satelitní televize a rádio.

Satelity pracují v pásmu Ku s lineární polarizací, s výjimkou transpondérů vysílajících do ruské oblasti pomocí W4 satelitů, které používají kruhovou polarizaci.

System se dá rozdělit do několika segmentů:

- **Vesmírný segment:** Provozuje 28 geostacionárních satelitů. Více než polovina šířky pásma EUTELSAT je věnována na TV vysílání.



Obr. 23 Rozložení družic Eutelsat [20]

- **Pozemní segment:** EUTELSAT nabízí VSAT prostřednictvím partnerství s národními společnostmi. Standardy pozemních stanic poskytují podrobné technické a provozní charakteristiky, které jsou požadovány od pozemního segmentu a souvisejících zařízení, vesmírného segmentu a komunikačního spojení. Těmito standardy jsou:
 - Earth Station Minimum Technical and Operational Requirements Standard M, EESS 502 Issue 14 Rev. 1,
 - Nomenclature of Standard M-x Issue 1 Rev. 2 (Range of the Applicability of Standard M-x).

4.6.3 INTERSPUTNIK

Intersputnik International Organization of Space Communications byl založen v roce 1971 na základě mezivládní dohody ze dne 15. listopadu 1971 o zřízení systému Intersputnik a mezinárodní organizace kosmických komunikací. Je mezinárodní mezivládní organizace se sídlem v Moskvě. Dnes Intersputnik sdružuje 25 zemí celého světa od Latinské Ameriky přes Jihovýchodní Asii po Evropu.

Hlavní činností je pronájem satelitní kapacity pro telekomunikační operátory a televizní vysílání.

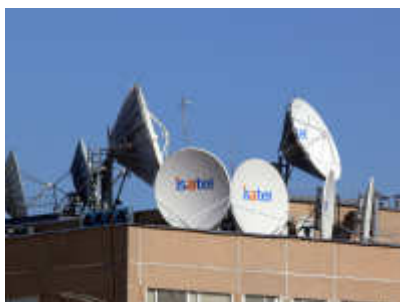
Rozdílem a rozhodující výhodou je, že společnost je plnohodnotným dodavatelem satelitní kapacity a technických řešení, což znamená, že soukromí a státem vlastnění zákazníci

ve více než 40 zemích mají co nejširší výběr ze satelitních zdrojů různých systémů dostupných na globálním trhu, čímž jsou schopni získat všechny potřebné informace z jednoho zdroje.

Intersputnik poskytuje telekomunikační služby jako jsou digitální audio a video vysílání, hlasové, datové a multimediální přenosy. Společně se svými partnery nabízí svým zákazníkům plnohodnotné satelitní komunikační řešení, včetně připojení k pátevní síti internetu, uplink služby a další.

Systém se dá rozdělit do několika segmentů:

- **Vesmírný segment:** Dnes Intersputnik poskytuje možnost použití komunikačních satelitů umístěných na geostacionárních oběžných drahách od 14 ° západní délky až po 166 ° východní délky. Jeden z hlavních partnerů je ruský národní operátor RSCC, který vlastní skupinu moderních družic "Express". Kromě toho je Intersputnik oficiálním distributorem satelitních služeb evropského operátora Eutelsat a asijského provozovatele Measat na satelitu Africasat-1, dále poskytuje služby pro použití globálního systému Intelsat a ABS-1 družice (LMI-1) a spolupracuje i s jinými regionálními a národními satelitními operátory.
- **Pozemní segment:** Isatel LLC, Rusko, dceřiná společnost Intersputniku Holding s.r.o, nabízí pro ruské a mezinárodní telekomunikační operátory a dalším zákazníkům technologickou platformu pro zřízení satelitních sítí a poskytování telekomunikačních služeb. Toto řešení zahrnuje teleporty a operační střediska používané pro následující účely:
 - multifunkční teleport, Moskva: monitorování a dálkové ovládání zákaznických sítí, sídlo některých z ISO a VoIP poskytovatelů, prostor pro zařízení zákazníků,



Obr. 24 Teleport Moskva

- multifunkční teleport, Dušanbe: optické vlákno připojení k síti Tajiktelecom UPS, VSAT vybavení,



Obr. 25 Teleport Dušanbe

- multifunkční teleport, Biškek: VSAT hub, optické připojení k PBX UPS, inženýrský kanál pro teleport v Moskvě.



Obr. 26 Teleport Biškek

5. Společnosti poskytující technologie in-flight širokopásmového připojení

Při analyzování světového trhu s IFEC technologiemi narážíme na množství poskytovatelů různých služeb, kteří se zabývají touto problematikou, a orientace v nich může být mnohdy složitá.

Lídr v oblasti zábavných programů v letadle a komunikaci (IFEC) je dnes bezesporu Panasonic Avionics Corporation, jehož vybavení následně používají i další společnosti s nimiž Panasonic spolupracuje (např. AeroMobile). Panasonic nahrazuje také systémy od dnes již zaniklé společnosti Connexion by Boeing. Konkurenti Panasonicu jsou Thales Group a Rockwell Collins. Další vedoucí společností v oblasti poskytování palubních komunikačních řešení je OnAir. Na trhu také vznikají mladší společnosti jako je Row 44 a IDAIR. Společnost IDAIR byla založena v dubnu 2011 a je to společný podnik mezi Lufthansou Technik AG a Panasonic Avionics Corporation se sídlem v Hamburku, který vyvíjí, vyrábí a dodává technologie IFEC, kabinové komunikační systémy pro VIP letadla a vlastní výrobky pro komerční letecké společnosti.

Mezi dalšími, kdo nabízí in-seat systémy, najdeme např. IMS The Company, Sicma, Intelligent Avionics, digEcor plus optické řešení od Lumexis a bezdrátové IFEC systémy Aircell či LiveTv (také velký konkurent Panasonic).

Níže budou blíže popsány společnosti tzv. „velké čtverky“ – tedy vedoucí světoví poskytovatelé multimediálních technologií s možností širokopásmového satelitního připojení Panasonic Avionics Corporation, Thales Group, Rockwell Collins a LiveTV. Také bude přiblížena jedna z mladších společností Row 44.

5.1 Panasonic Avionics Corporation

Panasonic Avionic Corporation (PAC) byl dříve člen Matsushita Systems Avionics a nyní je dceřinou společností Panasonic Corporation. Byla založena v roce 1980. Produktové inženýrství a vývojová oddělení firmy se nachází v Lake Forest v Kalifornii. Vedoucí, certifikační, instalční oddělení a oddělení kvality se nachází v Bothell (Washington) a výroby jsou v japonské Ósace. Jiné pobočky a servisní centra jsou umístěny po celém světě - z toho hlavní jsou v Toulouse, Hamburku, Londýně, Dallasu, Dubaji a Singapur.

PAC je předním dodavatelem IFEC systémů letadel včetně poskytování hudby, videa na vyžádání (VOD, *Video on Demand* - filmy a televizní pořady vyžádány přes internet), in-flight nakupování, telefonních služeb, e-mailů, video her a GPS displejů poskytujících údaje o pozici letadla na trase.

PAC je dnes dodavatelem nejen pro Boeing a Airbus, ale primárně poskytuje zábavu i pro celou řadu významných leteckých společností po celém světě. Na trhu IFEC existují hlavní konkurenti Panasonic, mezi nimiž jsou společnosti Thales Group a Rockwell Collins a LiveTV.

Panasonic Avionics navrhl, postavil a dodal více IFEC systémů než všichni jeho konkurenti dohromady. Firma udržuje v posledních několika letech prvenství v uvedení technologií na trh se sedmi hlavními aplikacemi. Jsou to aplikace:

- **Systém 2000:** vydán roku 1992, první IFEC systém pro poskytování in-seat audia a videa pro každého pasažéra na palubě letadla. Nabízí vysílání až 12 Tv kanálů. V roce 1995 vznikl Systém 2000E umožňující cestujícím interakci s IFEC systémem (výběr z široké řady interaktivní zábavy, her, možnost telefonní komunikace, až 24 kanálů videa a další);
- **AVOD (*Audio/Video On Demand*):** aplikace AVOD 1.0 přidána do systému 2000E v roce 1998. AVOD 1.5 byl představen v roce 1999 a rozšířil až pětinašobně systém audio a video knihoven;
- **Interactive Software Engineering:** zaveden kvůli problémům vznikajících z nárůstu programového obsahu. Poskytuje nejmodernější interaktivní služby (programy, interaktivní hry pro více hráčů, novinky a informace z uplinku CNN apod.);
- **K Series:** představen v roce 2001. Modulární systém poskytující masivní digitální knihovnu pro AVOD (zahrnuje filmy, audio CD, hry apd.);

- **X Series eFX:** provoz zahájen v roce 2003. Robustní, modulární a celodigitální systém. Poskytuje funkce jako satelitní televize, Ethernet LAN apod.
- **X Series eX2:** přestavený v roce 2003. Další generace bezdrátového systému. Menší, lehčí a silnější než předchozí systémy;
- **Global Communications Suite:** Služba podporuje oboje data v digitální podobě hlasové komunikace, včetně živé televize. Nový anténní systém poskytuje vynikající propustnost v menší a lehčí formě. Technologie otevírá nové možnosti pro palubní komunikaci.

Nabízené produkty jde rozdělit podle používané oblasti na jednotlivé segmenty:

- **Palubní segment:** vybavení potřebné pro předešlé aplikace, Ka/ Ku pásmové antény, technologie wi - fi připojení, in - seat displeje, modemy, routery, apod.;



Obr. 27 Panasonic in-seat monitor s X Series aplikacemi [5]

- **Vesmírný segment:** panasonic wi-fi systém používá společnost eXConnect pro poskytování vysokorychlostního připojení k internetu pro cestující, používající SATCOM Inmarsat, dále společnost používá také kapacity dalších operátorů např. AsiaSat, Intelsat, Telesat, GE, RuSat, JSAT;
- **Pozemní segment:** obsahuje zařízení dle provozovatelů. Jedná se o teleporty, řídicí střediska, technologické platformy pro poskytování služeb apod.

5.2 Thales Group

V roce 1999 vstoupila na trh s IFEC technologiemi společnost Thales. Thales vydala herní systém nazvaný TopSeries.

Unikátní na systému TopSeries byl jeho modulární, single-platform design, který spojoval in-seat zábavu a komunikaci. Systém se stal vhodným pro Boeing a Airbus, a do roku 2005 byla společnost uznána jako nejrychleji rostoucí IFEC výrobce na světě.

Thales je jeden z předních dodavatelů inovativních palubních systémů zaměřených k tomu, aby bylo létání příjemný zážitek pro cestující. Thales pomáhá leteckým společnostem navrhnout relaxační atmosféru na palubě letadel od ovládání kabinového osvětlení, po interaktivitu za letu zábava (IFEC) a připojení systémů.

V roce 2007 byla zavedena nová inovace TopSeries jako odpověď na požadavky trhu, aby se systémy vešly do regionálních proudových letadel. Thales konsolidoval systém elektroniky do menšího počtu dílů, které umožňovaly odstranění elektronického boxu sedadla. To bylo chytré rozhodnutí, které umožnilo, aby se stal TopSeries systém volbou pro Embraer a Bombardier.

Dnes je nabídka produktů a služeb společnosti end-to-end řešením - slouží zákazníkům před, během a po letu. Prodáno bylo více než 1500 systémů do více než 60 světových leteckých společností a instaluje se odhadem 120 systémů ročně.

V roce 2011 Thales odhalil jméno systému nové generace - TopSeries AVANT™ a oznámil, že systém již byl vybrán pro velké flotily letadel A350.

Nabízené produkty jde rozdělit podle používané oblasti na jednotlivé segmenty:

- **Palubní segment:** systémy jako např. TopSeries AVANT, TopSeries. Součástí těchto systémů jsou in-seat inteligentní displeje, palubní síť, komponenty pro wi-fi připojení a další;



Obr. 28 Thales. TopSeries AVANT in-seat inteligentní displej[7]

- **Vesmírný segment:** zařízení používají satelitní komunikační systémy Inmarsat SATCOM – SwiftBroadband, vyvíjí se připojení v pásmu Ka;
- **Pozemní segment:** pozemní segment obsahuje části dle provozovatelů. Jedná se o teleporty, řídicí střediska apod.

5.3 Rockwell Collins

Rockwell Collins je světovým představitelem společností nabízející celou řadu elektrotechniky jak pro navigaci a komunikaci, tak pro zábavu.

Společnost je průkopníkem v oblasti designu, výroby a podpory inovativních řešení pro zákazníky v oblasti letectví a obrany. Má odborné znalosti v oblasti letecké palubní avioniky, palubní elektroniky, komunikačních technologií, informačního managementu a simulaci a výcviku. Poskytuje globální služby a podporu sítě 27 zemím.

Systémy letecké elektroniky a jiné výrobky jsou nainstalovány na palubách téměř všech letadel na světě. Rockwell také poskytuje vzdušné a pozemní komunikační systémy téměř 70 procentům amerických a spojeneckých vojenských sil.

Společnost dále rozvíjí nové technologie umožňující síťové operace pro armádu, poskytuje elektronické integrované řešení pro nové komerční letadla a dodává vysokou úroveň služeb a podpory, která zvyšuje spolehlivost a snižuje provozní náklady.

Nabízené produkty jde rozdělit podle používané oblasti na jednotlivé segmenty:

- **Palubní segment:** najdeme zde IFEC systémy, displeje, palubní systémy řízení či ovládání, digitální knihovny, softwary, TV systémy, palubní zařízení, tzv. Moving Map Systems, ale také různé ventily a další příslušenství z nerezové oceli pro splnění požadavků kabiny. Také se jedná o antény, modemy, počítače, kontrolní systémy a další technologie, které byly zmiňované v předešlých kapitolách;



Obr. 29 Rockwell digital Programmable Audio Video Entertainment System (PAVESTTM 2)[8]



Obr. 30 PAVES™3 In-flight entertainment systém in-seat displej[8]

- **Vesmírný segment:** zařízení jako např. SAT-2100B, SAT-6100 a další, používají satelitní komunikační systémy Inmarsat SATCOM - Swift64 či SwiftBroadband;
- **Pozemní segment:** obsahuje zařízení dle provozovatelů. Jedná se o teleporty, řídicí střediska, technologické platformy pro poskytování služeb apod.

Rockwell Collins se v polovině minulého desetiletí rozhodl, že nebude vyvíjet programy integrovaného systému IFE pro Boeing 787 a Airbus A380. To snížilo jeho úlohu jako hlavního soupeře firmám Panasonic a Thales. Rockwell se ale vrátil alespoň ve světě in-seat IFE systémů pro některá letadla, u kterých se zaměřuje na snížení nákladů o 50% až 70% oproti tradičním technologiím pro tato letadla. Oproti Panasonic a Thales, jejichž technologie pracují na základě operačního systému Android, Rockwell Collins zvolil alternativní operační systém, který vidí jako mnohem spolehlivější (používá se např. u špičkových automobilů). V roce 2011 na Airline Passenger Experience Association (APEX) Expu v Seattlu představil nový systém PAVES 3™.

5.4 LiveTv

Společnost byla založena v roce 1997 s vizí kombinace satelitní televize a letadla. Lety s možností sledovat živé televizní programy probíhají od dubna roku 2000. LiveTV je přední světový poskytovatel televizních programů na palubě letadla. Nyní nabízí až 36 TV kanálů ze satelitního příjmu, více než 100 rádiových kanálů, bezdrátové vysokorychlostní technologie umožňující stahování filmů a v neposlední řadě konektivity – e-mail, SMS, IM (*Instant Messaging*- internetová služba sledování připojení jiných uživatelů, posílání zpráv v krátké době přenosu apod.).

Produkty společnosti se dají rozdělit dle použití na jednotlivé segmenty:

- **Palubní segment:** antény, modemy, routery, in-seat displeje, palubní bezdrátovou datovou linku (*Wireless Aircraft Data Link*), apod. Společnost

poskytuje technologii umožňující připojení tzv. Kiteline či komunikační službu LiveTV Airfone.;

- **Vesmírný segment:** využívá vysokokapacitní širokopásmové komunikační satelity ViaSat – ViaSat-1 či ViaSat SurfBeam® 2 v pásmu Ka a Ku.
- **Pozemní segment:** veškerá pozemní infrastruktura, řídicí segmenty, teleporty apod.

5.5 Row 44

Společnost se sídlem v Westlake Village, Kalifornie byla založena v roce 2004. Poskytuje in-flight širokopásmové připojení pro cestující a posádku. Služby zahrnují přístup k internetu, živé televizní vysílání a další IFEC technologie na palubách letadel.

Kromě in-flight širokopásmových systémů firma nabízí in-flight walled-garden což je služba, která používá řešení palubního připojení k nabízení vlastní nabídky zábavy a volně přístupných služeb cestujícím. Tyto služby zahrnují on-line nakupování na vybraných webových stránkách, posílání krátkých textových zpráv na zem, živou televizi, video hry a další. Mezi partnery patří SkyMall, který bude spravovat maloobchodní partnery a jejich operace, vícekanálový prodejce Hughes Network Systems (HSN), který nabídne živé online video programy a dále specialisty na cestování a mobilitu, jako je JiWire, BeDynamic a Pinger. Row 44 dal poskytovaným službám pracovní název Skytown Center, ale každá letecká společnost bude mít svůj vlastní název a značku této služby.

Testovací fáze systémů začala v roce 2009. Mezi testujícími společnostmi byly Southwest Airlines, Alaska Airlines, United Airlines a další.

Společnosti, které nyní připojení Row 44 používají jsou Southwest Airlines, s více jak 540 letadly v parku, a nízkonákladový evropský letecký dopravce Norwegian Air Shuttle.

Technologii lze rozdělit na jednotlivé segmenty:

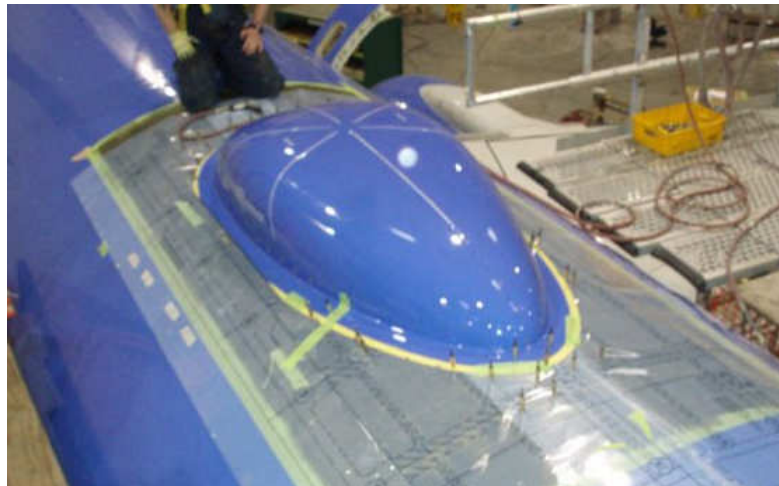
- **Vesmírný segment:** Row 44 pronajímá kapacitu satelitního internetového připojení od HughesNet geostacionárních družic, se kterým uzavřela patnáctiletý kontrakt a dále také kapacitu Intelsat;
- **Palubní segment:** Systém Row 44 používá:
 - Ku-band anténní systém namontovaný na vrcholu trupu letadla,
 - čtyři Line Replaceable Units (LRU), což jsou Antenna Control Unit (ACU), jednotka datového modemu (MDU, *Modem Data Unit*), Server Management Unit (SMU) a High Power Transceiver HPT),

- Palubní Wireless LAN jednotky pro poskytování Wi – Fi signálu cestujícím a posádce.

Toto palubní vybavení, včetně antény, může být nainstalované na letoun do dvou dnů a na rozdíl od hardwarových součástí společnosti Connexion by Boeing, které vážilo přes 360 kilogramů, toto váží jen asi 68 kilogramů.

Dnes má Row 44 nainstalované širokopásmové řešení zábavy na 250 letadlech pro komerční letecké společnosti u partnerů v Severní Americe, Evropě a Africe.

- **Pozemní segment:** Pozemní segment obsahuje části dle provozovatelů. Jedná se o teleporty, řídicí střediska apod.



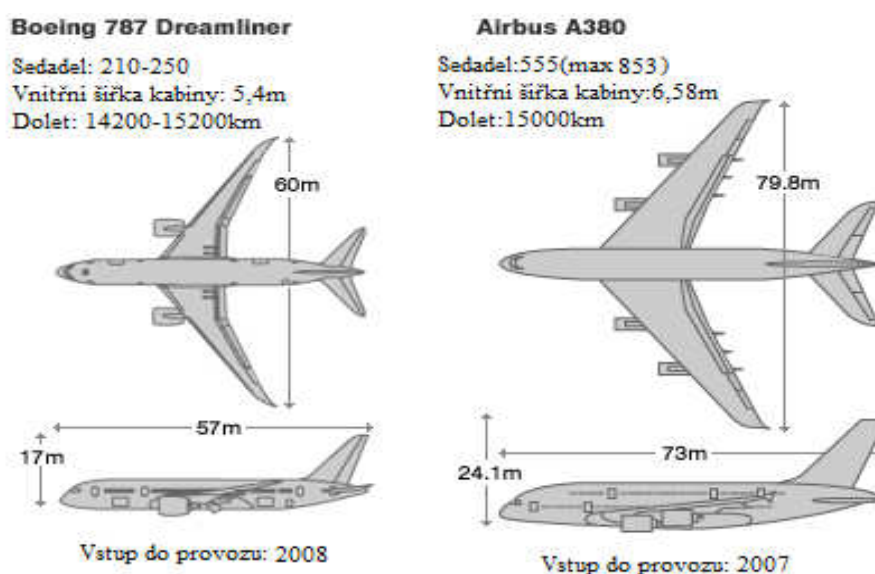
Obr. 31 Instalace Ku-band anténního systému Row 44[9]

6. Technologie na palubách letadel

Tato část práce se bude věnovat technologiím na palubách Boeingu 787 a Airbusu A380. Zaměří se převážně na IFEC technologie těchto letadel. Dá se říci, že zde jde o souboj dvou kolosů na poli velkých moderních dopravních letadel. Dva největší výrobci - americký Boeing a evropský Airbus spolu nadále soupeří o postavení světové jedničky. Jejich strategie, vize a filozofické přístupy k letecké dopravě budoucnosti se po letech podobného smýšlení naprosto rozešly. Airbus vidí budoucnost ve velkém letadlu A380 a Boeing možná v konvenčním, ale za to po všech stránkách výkonnějším B787 Dreamliner.

Každá společnost má jiný pohled na řešení problémů palivové účinnosti a kapacity cestujících, které v posledních letech trápí letecké společnosti. Pro Airbus je motem „větší a lepší“. A380 je masivní letadlo určené pro dlouhé lety, které šetří palivo díky tomu, že tam, kde předtím byla potřebná dvě letadla se použije jedno s větší kapacitou. Boeing sází na flexibilitu. Jeho čtyři verze 787 jsou přizpůsobeny pro různé účely. 787-3 má velkou kapacitu cestujících na krátké vzdálenosti zatímco 787-8, 787-9 jsou postaveny pro delší lety, ale nesou méně cestujících k udržení spotřeby paliva. Nedávno začal Boeing nabízet i verzi s označením 787-10.

Letadla nesou všechny multimediální technologie využívající širokopásmové družicové připojení popsané v předchozích kapitolách. Najdeme zde bezdrátovou kabinu i technologie IFEC, které se liší dle toho, ve kterých třídách jsou umístěné. Na výrobě těchto letadel se podílelo množství firem, ale hlavními dodavateli IFEC systémů jsou u obou letadel Panasonic Avionics Corp. a Thales Group.



Obr. 32 Airbus 380 a Boeing 787

6.1 Technologie Boeingu 787

Na konci devadesátých let začal slábnout prodej letadel B767 (konkurence byla zejména v Airbusu A330). Boeing začal uvažovat o novém konkurenceschopném typu letadla, které by nahradilo 767. Takovým strojem se původně zdál být Boeing Sonic Cruiser.

Boeing Sonic Cruiser byl plánován jako letadlo dosahující téměř rychlosti zvuku (0,95 Mach), čímž by bylo zhruba o 20% rychlejší a spálilo asi o 15-20% více paliva než běžně užívané modely. Počáteční zájem zejména amerických aerolinií však ochladl díky událostem z 11. září 2001 a následné krizi v letecké dopravě. Pro letecké společnosti začal být mnohem více důležitý ekonomický provoz než vyšší rychlost letadel. To mělo za následek ukončení projektu Sonic Cruiser v prosinci 2002.

Místo něj Boeing započal projekt nazvaný ze začátku 7E7- později definitivně přejmenovaný na 787. Nové letadlo mělo využívat z velké části technologie navržené původně pro Sonic Cruiser. Pro letecké společnosti byla přitažlivá zejména 20% úspora paliva (díky dokonalejším motorům, lepší aerodynamice a zdokonaleným systémům letadla). Tento projekt vyvolal u leteckých společností natolik silný zájem, že v dubnu 2004 Boeing po objednávce 50 letadel od severoamerické All Nippon Airways (ANA) oznámil oficiální spuštění vývoje letadla 787, Boeingem také označovaného jako Dreamliner. Po počáteční objednávce od ANA přišly brzy další a během jednoho roku Boeing získal zakázky na 237 kusů, což z 787 učinilo nejrychleji se prodávající letadlo v dějinách. Mezi zájemci jsou zejména asijské společnosti jako Air India, Air China, Japan Airlines, ale například i americké Continental Airlines či Northwest Airlines nebo australská společnost Qantas. Od roku 2004 do roku 2012 má Boeing přes 850 objednaných letadel - z toho zatím dodal jen 8 kusů (6 společnosti ANA a 2 Japan Airlines).





Obr. 33 Boeing 787 společnosti ANA a jeho kokpit

B787 Dreamliner je především ukázkou převratných technologií ve zcela novém designu letounu. Boeing pro nový model vybral dva typy motorů - General Electric GENx a Rolls-Royce Trent 1000 a je to poprvé u moderních proudových letadel, kdy mají různé typy motorů stejný interface a jsou tak vzájemně zaměnitelné.

Pokročilé systémy 787 zvyšují efektivitu, zjednodušují provoz a výrazně zlepšují cestovní zážitek. Tlak uvnitř kabiny je ekvivalentní hodnotě tlaku v nadmořské výšce 1.800 metrů oproti 2.400 metrům u ostatních strojů. V konstrukci modelu je místo tradičních kovů (např. hliník) použito ve velké míře uhlíkových vláken (co z něj činí velice lehké letadlo v porovnání k jeho výkonu). Na stavbě se sice podílela firma Rockwell Collins – dodávající například displeje, komunikační/ sledovací systémy a pilotní kontrolní systémy, ale IFE technologie jsou většinou od Panasonic Avionics Corp. a Thales Group. Boeing tedy využívá dva androidní systémy s dotykovými obrazovkami. Obě společnosti (Panasonic a Thales) poskytují displeje v různých velikostech - od 7 palců do 17 palců (příklad monitorů od PAN je na obrázku níže).





Obr. 34 Boeing Panasonic monitory

Interiér B787 je pro cestující a letecké fanoušky velice atraktivní. Mezi výrazné prvky patří například široký vstup, velké zavazadlové koše, stmívatelná okna a unikátní systém osvětlení. První dodané stroje jsou co se týče připojení v kabině zastaralé. Boeing společnosti ANA obsahuje IFEC systémy starší generace a chybí mu nejnovější inovace v oblasti integrovaných IFEC/Slimline sedadel. To mohlo být zapříčiněno zpožděním programu B787 (spuštění provozu plánováno na rok 2008, začalo ale až v r. 2011).

Životní cyklus IFE tech. je z hlediska novinek asi 18 měsíců. Mnoho ze systémů B787 čekalo v regálech na nainstalování i několik let. Rozdíl mezi sadou objednanou v letech 2006-2007 a dodanou v roce 2008 je z těchto důvodů ve srovnání s lehčí a tenčí platformou dotykových obrazovek, které jsou k dispozici dnes, poměrně veliký. Dopravce ANA nedávno představil interiéry B787 působící na jeho regionálních a vnitrostátních letech. In-seat IFE syst. v ekonomické třídě byly v době objednávky považovány za moderní a pokročilou technologii. Ve srovnání s jejich nynější formou u letadel nové série se zdají být zastaralé. Vybavení sedadel se totiž v průběhu let zmenšilo a zeštíhlilo, což má za následek také snížení spotřeby paliva. Boeing se tehdy ovšem větších změn v plánech, které by vedly k inovaci systémů, obával v důsledku dalšího možného zpoždění dodávek letadel. První B787 tedy nemají inteligentní monitory (jako třeba chytré monitory Panasonic Avionics' 9in známé jako Evo 9i), ani spojené technologie IFEC.



Obr. 35 Sedadla a in-seat monitory IFE B787 společnosti ANA

Aby Boeing zachoval své dobré jméno a udržel tempo s požadavky trhu, musel provést po-dodací úpravy systémů širokopásmového připojení v B787. Jedny z úprav provedla společnost Thales, která poskytuje Inmarsat SwiftBroadband podporující IFEC systém například pro společnost Qatar Airways. Ta odhalila v dubnu roku 2012 nové sedačkové zařízení pro ekonomické a byznys třídy. Úpravy po následném dodání se týkaly instalace druhého satelitního komunikačního rádia a antény a instalace palubního wi-fi syst. a mobilního telefonního systému pro podporu mobilního telefonního přístupu. Cestující mohou být plně připojeni přes WiFi a GSM spojení a mohou posílat textové i MMS zprávy. Hlasové hovory, i když jsou technicky možné, budou zakázány, aby se minimalizovalo rušivého efektu hovoru.



Obr. 36 Qatar Airway nové Boeing 787 sedadla byznys třídy [26]

Sedadla v byznys třídě společnosti Qatar Airway (dodala B/ E Aerospace) mají 17-palcové dotykové monitory. Sedačky od dodavatele Recar v ekonomické třídě konfigurace 3-3-3 ztělesňují nejmodernější technologii a design a materiály zajišťují vysoký stupeň pohodlí a osobního prostoru pro cestující. Jsou vybaveny 10,6 palcovými monitory, USB konektory,

MP3 konektory, iPort konektory a jinými napájecími porty, včetně elektrických zásuvek pro osobní počítače.



Obr. 37 Porty na palubě společnosti ANA

B787 jsou tišší než ostatní letadla. Umožňují cestujícím v klidu pracovat, spát nebo odpočívat. Mají elektronická zařízení s velkými obrazovkami s Touch Pad ovládacími prvky například pro nastavení množství světla vstupujícího do kabiny. Tato zařízení se mohou lišit podle cestovních tříd.



Obr. 38 IFEC zařízení byznys a ekonomické třídy (Japan Airlines)[29]

6.2 Airbus A380

V 80. letech začali konstruktéři Airbusu připravovat návrh nového obřího letounu UHCA (*Ultra High Capacity Airliner*). Ten měl přímo konkurovat typu B 747 Jumbo, jenž do té doby suverénně kraloval ve třídě velkokapacitních strojů. Ke zformování oficiálních požadavků na typ A 3XX (jak se A380 původně jmenoval), ale došlo až v devadesátých letech. Po zpracování studie rozvoje trhu vsadil Airbus na koncepci „hub and spoke“ - letecká doprava probíhá přes uzlové body a nikoliv přímo mezi jednotlivými destinacemi. Výhodou tohoto přístupu je celkově menší množství spojů a jednotlivé letecké linky lze více vytižít. Pro tento druh přepravy se velmi dobře hodil „ultrakapacitní“ letoun, jenž by mohl pojmout i pět set cestujících a více. V Airbusu proto začali pracovat na stroji A 3XX s kapacitou až 500 míst, v trojtřídní verzi dokonce až 850 míst. Důležitým předpokladem pro vývoj letadla byla schopnost nového stroje využívat stávající letištní infrastrukturu (příp. pouze s malými změnami na straně letišť) a dosažení o 15-20% nižších provozních nákladů, než přímý konkurent Boeing 747-400. Oficiální spuštění programu se uskutečnilo až v prosinci roku 2000 po objednávce padesátého stroje od leteckých společností a také se rozhodlo o definitivním označení A380.

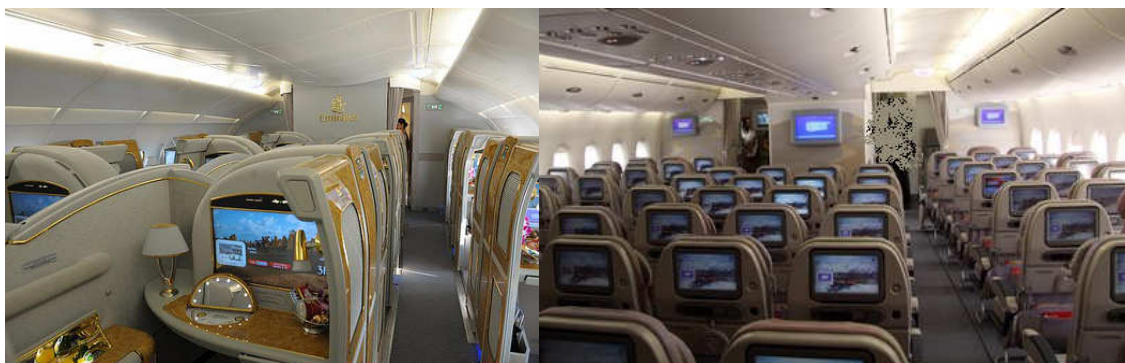


Obr. 39 Airbus A380 a jeho kokpit

Pro stavbu nového letadla byly vyvinuty zcela nové technologie. Z velké části bylo využito plastických hmot (snižují váhu letadla). Někde je plast vyztužený uhlíkovými vlákny a navíc byl použit materiál GLARE (hliník vyztužený skelnými vlákny). Hydraulický systém pracuje s vyšším tlakem (což bylo doposud běžné pouze u vojenských letadel), čímž také přispívá ke snížení hmotnosti letadla. Přes všechna tato opatření je však A380 nejtěžším z dosud vyrobených letadel. Při zcela naplněných nádržích má váhu přes 550 tun.

A380 je dodáván v několika verzích. Základní verzí je model A380-800 pro 555 cestujících. První leteckou společností, jež objednala tuto verzi byla společnost Emirates. První let A380 se uskutečnil v březnu 2005 a do komerčního provozu vstoupil v roce 2007 u Singapore Airlines. Celkem bylo zatím objednáno přes 250 letadel, z toho dodáno bylo 71 letadel (např. společností Singapore Airlines, China Southern Airlines, Korean Air, Air France, a dalším).

Společnosti nabízející IFEC systémy navrhují pro tato masivní letadla své vrcholové výrobky. Pro A380 byly vybrány dva systémy vyvinuté společnostmi Thales a Panasonic Avionics Corp. Například Air France a Malaysian Airlines vybrali Thales technologii Top Series i-5000. Panasonic eX2 byl vybrán např. provozovatelem Emirates a dalšími blízkovýchodními leteckými společnostmi. Oba systémy přinášejí nejnovější širokopásmové zábavné a informační nabídky pro všechny cestující. Technologie se liší podle toho, ve které třídě jsou použity.



Obr. 40 IFEC zařízení byznys a ekonomické třídy (Emirates)

Systémy disponují vysokorychlostními optickými sítěmi Ethernet navrženými na požadavky Airbusu s co nejkratším vedením, což přispělo ke snížení hmotnosti a dále vysoce distribuovanou architekturou s plně digitálním provozem. Dále používají výkonné head-end servery pro poskytování bitových toků v každém sedadle, což umožňuje provoz s konečným cílem, kterým je zábava (audio a video na vyžádání AVOD, *audio and video on demand*). Head-end servery vedou veškerý obsah IFEC stejně jako programy, na kterých aplikace běží.

Seat boxy distribuují obsah pro malé skupiny displejů pro cestující. Opěradlová zařízení (*video display units*) VDU fungují na místní úrovni.

Cestující ve všech třídách mají přístup k filmům, televizním pořadům, hudebním albům či audio kanálům - to vše na vyžádání. Také si mohou kdykoliv přehrávat, pozastavit či přetočit video nebo audio. Kromě toho se dá hrát i množství her, včetně některých Nintendo Game Boy Advance titulů. Může zde patřit poskytování služeb SMS/e-mail, interaktivní mapy, informace o cíli a on-line nakupování (také on-line platby). Systém také umožňuje cestujícím přizpůsobit IFEC na každém sedadle. Pomocí čipové karty nebo jiného bezpečného digitálního zařízení bude moci cestující nastavit své preference výběru zábavy, her, SMS a e-mailu, volby jídla či zvukových seznamů a pak je stáhnout do systému ještě před nástupem do letadla. Bude si tak moct „vyladit“ systém sám ještě před letem. Rozsah poskytovaných služeb se bude v budoucnu zvyšovat.



Obr. 41 IFEC inteligentní displeje a možnosti připojení

Cestující mohou využít palubní kancelářský balíček. Připojením přes USB port mohou ve všech třídách upravovat textové dokumenty, tabulky a prezentace pomocí StarOffice a také budou mít přístup k PDF, MP3 a foto souborům.

K dispozici jsou i mezinárodní zásuvky (110V, 60Hz) pro napájení elektronických zařízení. Pro jiný typ napájení je nutné používat adaptér.



Obr. 42 Napájecí zásuvka, ethernet a USB, AV porty

7. Budoucí rozvoj širokopásmových technologií a jejich využití pro zvýšení úrovně služeb v LD

Stejně jako se vyvinuly jiné komunikační technologie (rádiové, počítačové apod.), tak se také vyvíjí snaha o komunikaci mezi různými místy a různými časovými pásmy. Poptávka po moderních informačních technologiích roste jak z hlediska počtu uživatelů, tak z hlediska různých služeb, které jsou podporovány. K těmto službám patří video on demand, interaktivní video, rychlý přístup k internetu, tele-medicína, dálkové vzdělávání a přenosy velkých objemů dat. Potřeba podporovat širokopásmové multimediální služby nese také nové a náročné požadavky na satelitní systémy a sítě. Flexibilita, účinnost, mobilita a schopnost zajistit služby „end-to-end“ kvality se stávají alfou omegou tohoto průmyslu. Dnes se tyto nároky na komunikační technologie čím dál tím víc týkají také vzdušného prostoru. Běžně poskytované hlasové přenosy a přenosy s nízkou rychlostí datových služeb jsou ve světě přístupu na vysokorychlostní sítě nedostatečné. Trendem globálních informačních sítí je nabízet flexibilní multimediální informační služby na vyžádání uživatele kdykoliv a kdekoliv.

Letecké komunikační technologie si sice prošly s nárůstem letecké dopravy dlouhým vývojem, ale služby poskytované pasažérům na palubách letadel byly po dlouhou dobu téměř neměnné. Zhruba 70 let dělí dvě významné etapy komunikace v letecké dopravě. Zatímco v únoru 1931 mohli pasažéři tehdejší Luft Hansy na lince z Berlína do Vídně poprvé poslat radiotelegram o délce zhruba jedné věty, nynější nabídka leteckých společností zahrnuje také širokopásmové internetové připojení. Poprvé mohli své e-maily vysokorychlostnímu bezdrátovému internetu světit cestující Lufthansy v roce 2003. Radiový přenos se přesunul ze striktně analogové oblasti do digitální. Využívání spektra rádiových frekvencí se pohybuje od nízkých frekvencí úzkého spektra po vyšší frekvence širokopásmového spektra. A právě spektrum je klíčem k širokopásmovému připojení, které je budoucností pro letecké technologie. Následující odstavec shrnuje vývoj satelitních technologií:

- první systémy používají veliké (nad 1 m) satelitní antény, nabízejí nízké rychlosti na uploadu a mají nejhorší poměr ceny k objemu dat;
- starší systémy jsou v pásmu Ku a nabízejí nižší rychlosti;
- novější a nejnovější vyvíjející se systémy využívají pásma Ka, které umožňuje odesílání dat na rychlosti několika set kbit/s až několik Mbit/s a cena za objem přenesených dat je několikanásobně nižší, než u těch předchozích.

Požaduje se, aby byl účinek širokopásmového družicového spoje pro leteckou dopravu stejný jako nejrychlejší dostupné pozemní spojení, které se uskutečňuje pomocí optických

kabelů apod. Vzhledem k širokému použití bude v budoucnu k dispozici velké množství možností, kde se objeví prvky multimédií. Počítačová síť a multimédia se přesunou do letecké dopravy ještě více a tím se zvýší úroveň služeb v letecké dopravě. Budou se nabízet informace, zábava a služby tak, jako předtím v jiných k tomu určených zařízeních:

- informačních zónách: zařízeních, které nahradí současné informační kanceláře. Pomocí interaktivní dotykové obrazovky bude možné vyhledat, vybrat a potvrdit rezervaci v restauraci a pak například vytisknout mapku cesty apod. a to vše na palubě letadla;
- multimediálních rozdělovačů: umožní přístup do velké hudební a filmové databáze prostřednictvím interaktivního dotykového zařízení. Jednotlivé skladby, klipy a filmy si bude moci každý uložit na čip;
- multimediálních kioskách: odbavování cestujících, informační funkce o leteckých řádech, volných místech, nákupech letenek, navazování dopravních spojů;
- multimediálních barů: bar poskytne novou zábavu a komunikační možnosti pro lidi u stolu respektive na sedačkách v letadle. Bude možné si objednat nápoj, kontaktovat ostatní stoly/cestující nebo „přijmout“ virtuální návštěvu z domu či z jiného baru, a to buď prostřednictvím videofonu nebo přes elektronickou poštu. Každý stůl má svoji vlastní hudbu a video, čímž nahradí klasický jukebox;
- apod.

Posádkám a cestujícím na palubě letadla se snaží být umožněno využívat výhod komunikace pomocí širokopásmového připojení. Mezi výhody tohoto vývoje počítáme zvýšení bezpečnosti, účinnosti a osobní spokojenosti. Doslova revoluci přinesly také bezdrátové komunikace, díky kterým mohou zájemci na svých sedadlech trávit čas i výrazně efektivnějším způsobem než sledováním filmů či poslechem hudby. Všeobecně se s použitím družicových systémů zvyšuje kvalita těchto služeb:

- služby cestujícím na palubě letadla i na zemi: multimediální komunikace, navigace a zábava;
- služby posádce a pilotům: multimediální komunikace, navigace;
- telematické aplikace: radionavigační, radiolokační služby, elektronické mapy apod.;
- propustnost vzdušného prostoru;
- a další.

Požadavky kladené na moderní systémy:

- velmi nízké ekonomické náklady;
- vysoké pracovní rychlosti;
- flexibilita;
- otevřenost systémů;
- schopnost budoucího rozvoje;
- ochrana dat a soukromí, zejména zajištění spolehlivosti systémů přenášení dat;
- bezpečnost informačních a komunikačních systémů;
- dostupnost;
- kompatibilita;
- a další.

Budoucnost dalších systémů pro oblast letectví tedy vidím ve zvyšování rychlosti, používání vyšších kmitočtových pásem a zvyšování mobility za současného snižování nákladů. Vyvíjí se mnoho nových technologií z různých oblastí, z nichž se jako nejznámější jeví například navigační systémy další generace (*NextGen*), nebo wi-fi technologie čtvrté generace a mnoho dalších. Má-li se využít potenciálu nových technologií, je zapotřebí přesných podmínek pro jejich realizaci a implementaci. Zavádění systémů musí probíhat současně s identifikací strategických cílů, funkcí, které bude systém plnit, podpory, kterou bude skýtat a vhodné organizace plánů.

8. Zhodnocení cílů

Cíl: Vysvětlit pojem multimediálních systémů a jejich popis pro potřebu této diplomové práce, rozbor a popis aplikací a služeb těchto systémů.

Plnění: Kapitola 2 popisuje problematiku multimediálních systémů. Je zde analyzována úroveň aplikace poznatků do praxe v oblasti letecké dopravy. Byly popsány potřeby znalosti systémů z hlediska provozovatele, cestujících i pilotů. Součástí kapitoly je přehled okruhů multimédií, což znamená, do jakých oblastí zasahuje tato problematika ve vybavení letadla. Dále se zde řeší aplikace multimédií u provozovatele LD při in-flight entertainment systémů.

Cíl: Vysvětlit co je širokopásmové připojení.

Plnění: Termín širokopásmové připojení je vysvětlen v kapitole 3. Uvádí se zde základní typ širokopásmového satelitního přenosu a dále je upřesněno co je to širokopásmové satelitní připojení.

Cíl: Základní pohled na několik stávajících družicových systémů a jejich segmentů (vesmírný, pozemní, palubní, kontrolní) spojených s jejich provozem.

Plnění: Základní pohled na tyto systémy je popsán v kapitole 4. Práce se dále zmiňuje o rozsahu širokopásmových frekvencí a jednotlivých segmentech systému.

Cíl: Hodnocení technologií letadel Airbus 380 a Boeing 787 z hlediska in-flight entertainment multimediálních systémů.

Plnění: V kapitole 6 jde především o implementaci poznatků popsaných v kapitole 2 a 3 do provozní praxe a to na příkladu použití popsaných technologií v letadlech B787 a A380. Kapitola 5 se věnuje výrobcům těchto technologií.

Cíl: Popis budoucího rozvoje širokopásmových technologií a jejich využití – pro zvýšení úrovně služeb v letecké dopravě.

Plnění: Budoucnost technologií a jejich využití pro zvýšení úrovně služeb je nastíněn v kapitole 7. Zmíněn je vývoj, dnešní trendy a budoucnost těchto technologií.

9. Závěr

Práce se snažila objasnit podstatu širokopásmových družicových systémů a jejich potřebu v letecké dopravě. Zajisté je mnoho otázek, které z časových důvodů zůstaly nedotčené. Přesto jsem přesvědčena, že se podařilo nalézt zásadní vazby vedoucí do používaných metod, technik a definování pojmů, které za touto problematikou stojí.

Práce pro řešení problematiky využila analýzu a syntézu dostupných informací o různých širokopásmových technologiích pro zpracování multimediálních dat, které se dnes stávají klíčovými přenosovými prostředky pro leteckou dopravu. Základem práce byla teoretická studie samotných multimediálních technologií. Na tomto základu jsou pak vystavěny aplikace těchto technologií v letecké dopravě.

Dále proběhla studie širokopásmového satelitního připojení. Popsáno bylo co je širokopásmové připojení, jaké sítě používá, co se používá pro přenos informací, jaké se používá technologické řešení (vesmírný, palubní a pozemní segment) apod.

Na tyto části pak navazuje uvedení příkladů poskytovatelů satelitního připojení a popis jejich vybavení, které je rozděleno do jednotlivých segmentů (vesmírný, pozemní). Jeden z nejznámějších a nejpoužívanějších poskytovatelů je systém INMARSAT, jehož služby využívají obchodní a vojenská uživatelé, kteří potřebují ISDN datové připojení.

Práce se zaměřila na letadlové IFEC vybavení. Uvádí přehled nejznámějších společností zabývajících se výrobou, vývojem a produkcí těchto technologií. Lídry v této oblasti jsou určitě společnosti tzv. „velké čtyřky“ - tedy Panasonic Avionics Corporation, Thales Group, Rockwell Collins a LiveTV. Tyto společnosti musí být, co se týče moderních technologií, neustále ve střehu a reagovat na zvyšující se požadavky dnešního trhu. To se stává pro společnosti výdělečným snem (nebo noční můrou, v závislosti na úhlu pohledu), protože nároky na nové systémy, materiály a technologie budou (nebo už jsou) čím dál tím víc neukojitelné. Tyto požadavky jsou kladeny hlavně na:

- snižování hmotnosti zařízení;
- inovativní nápady;
- stále rychlejší vysokorychlostní připojení;
- nízké náklady na pořízení a provoz;
- zvyšování flexibility systémů;
- interaktivitu systémů;
- maximálním pokrytí;
- apod.

Všechny tyto informace nakonec posloužily jako zdroj dat pro popsání IFEC vybavení na palubách letadel B787 a A380 od konkurenčních výrobců Boeing a Airbus. Vybavení sedadel obnáší různé monitory a IFEC systémy a poskytuje možnosti jako zástrčku pro napájení, USB porty, Audio/video vstup, Ipod/iPhone port, místo pro osobní PC apod. Toto vše je poskytnuto s ohledem na to, ve které cestovní třídě se cestující nachází. Obě společnosti používají systémy od Thales a Panasonic, které jsou konstruovány pro další potencionální vývoj. Modulární architektura umožňuje upgrady nových technologií a zařízení, které mají být zavedeny na plug-and-play základě, stejně tak pro budoucí upgrady použitého energetického řešení a kapacity pro ukládání dat. Modularita se vztahuje i na software jednotlivých systémů k aplikaci nových algoritmů. Z hlediska konkurence Boeing – Airbus se na problematiku dá dívat z více pohledů:

- z hlediska úrovně palubních technologií: boeing ztratil na zpoždění vývoje programu B787, přičemž vliv tohoto zpoždění se odráží na vybavení prvně objednaných letadel (jsou zde použity starší modely IFE zařízení jako monitory, ovladače apod., postrádá se spojení technologií inflight entertainment a connectivity). Jinak obě firmy používají stejné dodavatele (PAC a Thales), tudíž vybavení poskytuje podobné možnosti připojení a IFEC systémů.;
- pokud jsou konkurenti bráni z hlediska zakázek a dodávky letadel A380 a B787: v tabulce níže jsou vidět počty objednaných a dodaných letadel. Boeing má sice více zakázek, ale dodaných letadel má jen 11, přičemž Airbus již dodal 71 letadel.

Tab. 5 Objednávky a dodávky letadel (data: Being, Airbus k dubnu 2012)

Typ letadla	A380	B787
Dohromady objednaných	253	854
Dohromady dodaných	71	11
Operující letadla	71	11
Počet provozovatelů s operujícím letadlem	7	2
Počet zákazníků	19	56

- koncepce letadel: vývoj A380 a B787 možná ukazuje na tendenci tíhnout k hub and spoke systému (v případě Airbusu) či preferování point-to-point tratí (v případě Boeingu) – toto rozdělení hlavně dobře posloužilo jako marketingový nástroj pro reklamu na jejich nové vlajkové lodě. Nicméně je pravdou, že ve skutečnosti je potřeba obou letadel, i když historie vykazuje částečné rozčlenění

leteckého provozu. Obě společnosti mají přehled v situaci na trhu a ani jedna z nich se do budoucna nehodlá vzdát určitého segmentu trhu tak, aby tu další část doplnila společnost druhá.

- design zařízení sedaček je vytvořen podle zakázek leteckých společností.

V závěru se práce věnuje budoucímu rozvoji širokopásmových technologií a jejich využití pro zvýšení úrovně služeb v LD. Druhá polovina tohoto bodu byla vlastně zodpovězena také v předchozích částech práce, kdy na otázku zvýšení úrovně služeb odpovídá uvedením různých příkladů aplikací těchto technologií v LD. Například úroveň služeb poskytovaných za letu cestujícím, která byla dlouhou dobu neměnná, se v posledních letech výrazně zkvalitnila a zvýšila. Cestující nyní mohou trávit let nejen posloucháním hudby, ale i prací na PC a sledováním interaktivní TV. Bude se jim nabízet stále více on-line možností, jako hraní her, telefonování za letu, kancelářských činností jako videokonference, VoIP apod. To vše prostřednictvím IFE či IFEC vybavení.

Z práce lze vyvodit, že multimediální podporu s širokopásmovým připojením můžeme hodnotit z hledisek:

- **použitých metod:** např. metody přenosu informací, metody připojení;
- **způsobu použití:** systémy pro zábavu, navigaci, komunikaci;
- **technického vybavení:** porovnání jednotlivých segmentů a jejich částí jako antén, routerů, monitorů, porovnání hmotností vybavení (lehčí=levnější), apod.;
- **psychologie:** zkvalitnění, zpříjemnění letu pro cestující, možnosti využít času letu prací na PC s připojením k internetu, nové způsoby zobrazování dat pro piloty a řídicí letového provozu usnadňuje provoz a zvyšuje bezpečnost, znemožnění hovorů na palubě letadla z důvodu rušivého elementu, apod.;
- **sociálně kulturních aspektů:** hodnocení úrovně zařízení v ekonomických a prvních třídách, možnost používat hi-tech zařízení na palubě letadla určitými etniky může vyvolávat v některých lidech pocit nejistoty, vytváření uživatelského rozhraní dle zvážení různých kulturních aspektů v heterogenní struktuře cestujících.

Závěrem lze říci, že tato práce přinesla pozitivní výsledky především ve vytvoření všeobecného přehledu o existujících technologiích a zároveň vytyčila určitý prostor pro další činnosti v této oblasti. Na práci je možné navázat například rozpracováním případných zlepšení těchto systémů, uvedením příkladů vlastních aplikací či zpracováním oblasti týkající se zabezpečení širokopásmového satelitního přenosu.

10. Seznam použité literatury

- [1] THALES AVIONICS, Inc. (Edison, NJ, US). *Method for controlling an in-flight entertainment system* [patent]. US7114171B2. Uděleno 09/26/2006. Zapsáno 05/14/2002. [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.freepatentsonline.com/7114171.html]
- [2] ROCKWELL COLLINS, Inc. (Cedar Rapids, IA, US). *Integrated television and broadband data system for aircraft* [patent]. USA. 370/316, US7643440B1. Uděleno 01/05/2010. Zapsáno 03/04/2004. [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.freepatentsonline.com/7643440.html]
- [3] ROCKWELL COLLINS, Inc. (Cedar Rapids, IA). *Aircraft satellite communications system for distributing internet service from direct broadcast satellites* [patent]. USA. 455/12.1, US6529706B1. Uděleno 03/04/2003. Zapsáno 09/13/1999. [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.freepatentsonline.com/6529706.html]
- [4] VOYANT INTERNATIONAL CORPORATION (MOUNTAIN VIEW, CA, US). *AIRCRAFT BROADBAND WIRELESS SYSTEM AND METHODS* [patent]. USA. 455/431, US2009/0186611A1. Uděleno 07/23/2009. Zapsáno 12/17/2008. [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.freepatentsonline.com/y2009/0186611.html]
- [5] PANASONIC AVIONICS. [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.panasonic.aero/Default.aspx]
- [6] IDAIR GMBH. *Idair*. [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.idair.aero/company.html]
- [7] THALES AVIONICS. *Thales*. [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://thales-ifs.com/index.aspx]
- [8] ROCKWELL COLLINS. *Rockwell Collins*. [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.rockwellcollins.com]
- [9] ROW 44. *Row 44 Inc*. [online]. © 2005-2011 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://row44.com/]
- [10] LIVETV. *LiveTV*. [online]. 2011 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.livetv.net/index.aspx]
- [11] ONAIR. *OnAir*. [online]. 2011 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.onair.aero/]

- [12] In-Flight Connectivity for Commercial Airlines. VIASAT, Inc. *ViaSat*. [online]. ©2012 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [<http://www.viasat.com/broadband-networks/yonder/commercial-airlines>]
- [13] Inflight connectivity rivals face off in the race to provide satellite coverage for airlines. APEX. *Apex editor's Blog*. [online]. © 2011 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [<http://blog.apex.aero/ife/inflight-connectivity-rivals-face-race-provide-satellite-coverage-airlines/>]
- [14] Řízení letového provozu. ŘLP ČR. *AFTN/CIDIN*. [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [http://www.rlp.cz/generate_page.php?page_id=465]
- [15] Řízení letového provozu. ŘLP ČR. *CADIN-IP*. [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [http://www.rlp.cz/generate_page.php?page_id=467]
- [16] HOLZBOCK, M. a N.,R. DÍAZ. *AIRCRAFT CABIN PROPAGATION FOR MULTIMEDIA COMMUNICATIONS*. [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [<http://triagnosys.com/wcab/download/papers/emp2002.pdf>]
- [17] VOLNER, R. *Zabezpečovací letecká technika: Družicové systémy*. První. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011, 132 s.
- [18] *Aplikace internetu v síti ATN*. Praha, 2010. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Doc. Ing. Rudolf Volner, PhD.
- [19] INMARSAT PLC. *Inmarsat*. [online]. © 2012 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [<http://www.inmarsat.com/?language=EN&textonly=False>]
- [20] EUTELSAT COMMUNICATIONS. *Eutelsat*. [online]. © 2012 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [<http://www.eutelsat.com/home/index.html>]
- [21] PUŽMANOVÁ, R. DSL.CZ. *Komunikace pár kilometrů nad zemí* [online]. © 2012 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [<http://www.dsl.cz/clanek/374-komunikace-par-kilometru-nad-zemi>]
- [22] INTERSPUTNIK. *Intersputnik* [online]. © 2012 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [<http://www.intersputnik.com/>]
- [23] ZEMAN, P. *Telekomunikační kabelové sítě: QoS v ATM*. Praha. Dostupné z: [http://filip.fd.cvut.cz/vyuka/tks/zeman_QoS_v_ATM.pdf?PHPSESSID=bb3532904f72ce7944606cc520f7ffb5]. Semestrální práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [24] KUŽNÍK, J. Technet.cz. MAFRA A.S. *Panasonic začne bavit cestující v letadlech. Naladí jim lokální TV* [online]. [cit. 2012-03-31]. Dostupné z:

- [http://technet.idnes.cz/panasonic-zacne-bavit-cestujici-v-letadlech-naladi-jim-lokalni-tv-phs-/tec_video.aspx?c=A120113_233353_tec_video_kuz]
- [25] KIRBY, M. FLIGHT GLOBAL. *Aerospace: Boeing 787 not advancing cabin connectivity, IFE* [online]. 2011. Reed Business Information Ltd [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [<http://www.electronicweekly.com/Articles/05/10/2011/51973/aerospace-boeing-787-not-advancing-cabin-connectivity-ife.htm>]
- [26] Qatar Airways. QATAR AIRWAYS. *Qatar Airways Unveils New Boeing 787 Seats At ITB Berlin* [online]. © 2012 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [http://www.qatarairways.com/english_global/press-release.page?pr_id=pressrelease_pressrelease_20120307]
- [27] ACCESS INTELLIGENCE, LLC. *A380: Jumbo Step for In-Flight Entertainment* [online]. ©2012 [cit.2012-04-10]. Dostupné z: [http://www.aviationtoday.com/av/commercial/A380-Jumbo-Step-for-In-Flight-Entertainment_792.html]
- [28] SLAVÍČEK, K. ÚVT MU. *ÚVT MU.: ATM*. [online]. 14.11.2011 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: [<http://www.ics.muni.cz/bulletin/articles/68.html>]
- [29] *Boeing 787 Dreamliner at Japan Airlines* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [<http://airlineworld.wordpress.com/>]
- [30] RODDY, D. *Satellite Communications*. McGraw-Hill, 2006, 636 s. ISBN 0-07-146298-8.
- [31] STALLINGS, W. *ISDN and broadband ISDN with frame relay and ATM*. 3. vyd. McGraw-Hill, 1992, 553 s. ISBN 0-02-415513-6.
- [32] SIEGMUND, G a E. PRAGER. *ATM.: Technika pro širokopásmové sítě ISDN*. 1. české. Praha: Hüthig & Beneš, 1997, 325 s. ISBN 8023839217.
- [33] RAPANT, P. *Družicové systémy*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2002, 197 s. ISBN 80-248-0124-8.