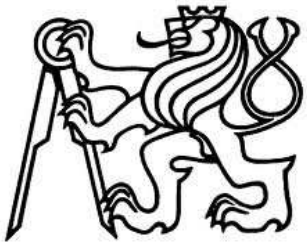


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Eva Nechoďdomová

Přenos internetu na palubu letadla

Diplomová práce

2016

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
d ě k a n
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K621..... **Ústav letecké dopravy**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Eva Nechoďdomová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Přenos internetu na palubu letadla**

Název tématu (anglicky): Internet Transferring on Aircraft

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Legislativní základ, předepsaná vybavení na palubě, pozemní vybavení, přenos dat
- Družice: typy družic, geostacionární sateilty a konstelace satelitů, stávající přenos dat
- Wi-fi přenosy, fungování přenosů, rychlost přenosů a množství přenesených dat přes wi-fi
- Cost benefit analýza: porovnání nákladů na výstavbu pozemní sítě pro přenos dat do letadla a na přenos dat pomocí satelitů
- Výhody a nevýhody typů přenosů pro jednotlivé letecké společnosti

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury:
COELHO, D. et al., Technology & Science Associate Laboratory. In: INESCTEC [online]. 18.2.2012 [cit. 2015-07-08].

SUN, Zhili, Satellite networking: principles and protocols. Chichester: Wiley. ISBN 9780470870273.

ZANDL, Patrick, Bezdrátové sítě WiFi. ISBN 9788072266326.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Bc. Jakub Hospodka, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. července 2015**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2016**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L. S.

doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA
vedoucí
Ústavu letecké dopravy

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Eva Nechoďdomová
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 1. července 2016

Poděkování:

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Jakubovi Hospodkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady uvedené v přiloženém seznamu.

Nemám žádný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prachatice dne 13. 11. 2016 Podpis:

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na popis příjmu internetu na palubu letadla. Cílem je porovnat možnosti, jak signál do letadla dostat, z finančního hlediska. V práci je popsán legislativní systém týkající se telekomunikací, obecný popis telekomunikací, popis internetu a satelitní komunikace a GSM sítí. Práce je především zaměřena na porovnání cen za typy přenosů a vyhodnocení, který typ přenosu je nejvýhodnější, z hlediska snižování nákladů v letecké dopravě. Část práce je věnovaná i aktuální situaci u leteckých dopravců a jejich nabídky Wi-Fi připojení na palubách jejich letadel.

Klíčová slova

Telekomunikace, Internet, GSM sítě, Satelitní telekomunikace, Wi-Fi u leteckých dopravců

Abstract

Master thesis is focused on description of internet connection on board of aircraft. The main purpose of the thesis is to estimate how to connect flying aircraft to internet and estimate the cost of this connection. The thesis describes the law of telecommunications, and the types of telecommunications. Mainly is focused on GSM networks and satellite communication and its cost estimation and after on cost benefit analysis for using of one connection or the other. Part of the thesis describes actual market prices of Wi-Fi connection on board by classic Airlines.

Key Words

Telecommunications, Internet, GSM networks, Satellite telecommunications, Wi-Fi by classic Airlines

Obsah

1. Úvod ..... - 8 -
2. Legislativní základ ..... - 10 -
3. Telekomunikace ..... - 16 -
3.1. Internet ..... - 17 -
3.1.1. Základní služby internetu jsou: ..... - 17 -
3.1.2. Způsob připojení k internetu: ..... - 19 -
4. Satelitní komunikace ..... - 20 -
4.1. Satelit ..... - 20 -
4.2. Historie umělých družic ..... - 20 -
4.2.1 Historický přehled několika významných satelitů: ..... - 21 -
4.3. Typy oběžných drah ..... - 23 -
4.3.1. LEO (Low Earth Orbit) ..... - 24 -
4.3.2. MEO (Medium Earth Orbit) ..... - 24 -
4.3.3. GEO (Geosynchronous Earth Orbit) ..... - 25 -
4.3.4. HEO (High Earth Orbit) ..... - 26 -
4.3.5. Pokrytí signálem ..... - 27 -
4.4. Části satelitu ..... - 29 -
4.4.1 Typy satelitů ..... - 29 -
4.4.2 Hlavní části satelitu ..... - 29 -
4.4.3. Vybavení podle mise satelitu ..... - 29 -
4.5. Satelitní přenos ..... - 30 -
4.5.1. Frekvenční pásma ..... - 31 -
4.5.2. Satelitní servis ..... - 32 -
4.5.3. Technologie používané v IFC (In-flight communications) ..... - 33 -
5. GSM sítě ..... - 37 -
5.1 GSM architektura ..... - 37 -
6. Přenos internetu na palubu letadla ..... - 40 -
6.1 Cost Benefit analýza ..... - 40 -
6.2 Vystavení pozemní sítě antén ..... - 41 -
6.2 Využití již existujícího satelitu (koupě frekvenčního pásma) ..... - 43 -
6.3 Vytvoření nového satelitu ..... - 45 -
6.3.1.Cost estimation of satellite systems: (Cenové ohodnocení satelitních systémů) ..... - 45 -
6.3.2. RAND studie nákladů na satelit ..... - 48 -

6.3.3. Aktuální ceníky jednotlivých společností ..... - 50 -
6.4. Porovnání daných způsobů ..... - 52 -
7. WI-FI a letecké aerolinie ..... - 54 -
7.1. Rozvedení internetu na palubě letadla ..... - 54 -
7.1.1. Přehled standardů Wi-Fi ..... - 55 -
7.1.2. Budoucnost sítí Wi-Fi ..... - 56 -
7.2. Poskytovatelé IFC (In-flight communication) ..... - 57 -
7.2.1. Gogo ..... - 57 -
7.2.2. ViaSat ..... - 58 -
7.2.3. Live TV ..... - 58 -
7.2.4. OnAir ..... - 58 -
7.2.5. Row 44 ..... - 58 -
7.2.6. AeroMobile ..... - 59 -
7.2.7. AT&T ..... - 59 -
7.3. Aktuální nabídka Wi-Fi u jednotlivých dopravců ..... - 59 -
7.4. Lze umožnit poskytování Wi-Fi služeb na palubě zdarma? ..... - 61 -
8. Závěr ..... - 62 -
Citovaná literatura ..... - 64 -
Seznam obrázků ..... - 68 -
Seznam tabulek ..... - 69 -

1. Úvod

Příjem internetu na palubu letadla je dnes velmi diskutované téma. V dnešní moderní době, kdy každý vlastní chytrý mobilní telefon, přenosný počítač nebo tablet, je již normální, vyžadovat připojení k internetu kdykoliv a kdekoliv. To znamená i ve všech dopravních prostředcích, letadla nevyjímaje. Připojit se na Wi-Fi právě během cestování, aby se cestující nějakým způsobem zabavil a cesta mu nepřipadala tak náročná nebo nudná, je člověkem vyžadováno. Ať už je cestujícím člověk, který cestuje za prací a cestu, která trvá několik hodin, by chtěl využít právě k pracovním povinnostem, anebo rodina s dětmi cestující na dovolenou, kdy je potřeba zabavit malé děti alespoň nějakou hrou, aby nezpůsobovaly nepříjemnosti na palubě a nebyly zátěží pro ostatní cestující. Pro tyto a podobné situace, se nabízí možnost využití internetu.

V této práci bych se chtěla zabývat možnostmi, jak dostat internet na palubu letadla a posoudit tyto způsoby z finančního hlediska. Hlavním úkolem je zjistit možnosti, jak se ve vzduchu připojit k internetu, a také jak funguje celkový ekonomický model a kolik jeho stupňů je třeba projít, aby se internet dostal až ke koncovému odběrateli (cestujícímu) za minimální částku nebo i zdarma. Je tohoto vůbec možné docílit?

V první kapitole popisuji minimum z legislativních a právních zákonů, které se týkají mého tématu a telekomunikací obecně. Zmiňuji některé Evropské zákony a především část znění zákona ČR o elektronických komunikacích. V této legislativě je celkově popsáno řízení telekomunikací a všech úkonů s nimi spojenými. Druhou kapitolu věnuji podrobnějšímu popisu telekomunikací jako takových, zmiňuji typy vedení a rozebírám z obecného hlediska co je to internet. Třetí kapitola se zabývá detailnějším popisem satelitní telekomunikace. Využívání satelitů je v moderní době a do budoucna hlavní směr rozvoje telekomunikací. Díky své vysoké spolehlivosti se satelitní přenos bude využívat mnohem více, i přes to, že je to momentálně ten nejdražší způsob přenosu. Čtvrtá kapitola obsahuje popis GSM sítí. Rozvoj GSM sítí se ukazuje jako další dobrý způsob, jak přijímat internetový signál do letadla.

Hlavním úkolem této práce je porovnat tyto dva typy příjmu signálu. Pátá kapitola se věnuje samotné Cost-Benefit analýze. Cost-Benefit znamená ve volném překladu finanční porovnání výhodnějšího produktu, vzhledem k jeho využití a přínosu pro investora. Pomocí analýzy porovnávám výše zmíněné typy přenosu. Poslední kapitola je věnována aktuální situaci dostupnosti Wi-Fi u jednotlivých leteckých dopravců. Vzhledem k tomu, že ceny za letenky stále klesají, a letečtí dopravci se snaží své náklady snížit na minimum, předpokládám dostupnost Wi-Fi připojení pouze

u klasických leteckých dopravců a nezahrnuji žádné nízkonákladové společnosti. Uvedeny jsou aktuální ceny (rok 2016) za připojení k internetu, které prezentují na svých oficiálních webových stránkách, nebo stránkách dané telekomunikační společnosti, se kterou mají sjednané služby.

2. Legislativní základ

Legislativa jako pojem, se používá ve třech různých významech. Je to proces přijímání právního předpisu ministerstvem, vládních nařízení a zákonů vládou, a zákonů parlamentem, případně je zahrnuto veto hlavy státu. Druhým významem je legislativa chápána jako právní řád neboli právní předpisy a třetím významem je zákonodárná moc, tzn. státní orgány s danou pravomocí vydávat zákony, parlament. Legislativní proces (též zákonodárný proces) je proces přípravy, tvorby, projednávání a schvalování legislativy ze strany vlády, Parlamentu a prezidenta republiky, který končí jejím vyhlášením zpravidla ve Sbírce zákonů (LURIDICTUM, 2014).

Pro účely této práce se budu zabývat druhým významem pojmu legislativa a tím právními řády neboli předpisy, které platí pro telekomunikace. Předpisy pro telekomunikace jsou vytvářeny Evropskou Unií a schvalovány a přijímány Českým Telekomunikačním Úřadem. Český telekomunikační úřad je ústřední správní úřad pro výkon státní správy včetně regulace v oblasti elektronických komunikací a poštovních služeb. Při výkonu své působnosti se Úřad řídí právními předpisy, obecně závaznými právními akty orgánů Evropských společenství, mezinárodními smlouvami, kterými je Česká republika vázána a které byly vyhlášeny ve Sbírce zákonů nebo ve Sbírce mezinárodních smluv, tímto statutem, usneseními vlády a opatřeními obecné povahy, která v mezích zákona sám vydává. Při výkonu své působnosti Úřad vychází rovněž z příslušných rozhodnutí, doporučení, pokynů a stanovisek vydaných orgány Evropských společenství (ÚŘAD, 2016).

Působnost úřadu:

1. Úřad vykonává státní správu v oblasti elektronických komunikací a poštovních služeb, včetně regulace trhu a stanovování podmínek pro podnikání za účelem nahrazení chybějících účinků hospodářské soutěže a pro ochranu uživatelů a dalších účastníků trhu do doby dosažení plně konkurenčního prostředí. Úřad rovněž zajišťuje ochranu některých služeb v oblasti rozhlasového a televizního vysílání a služeb informační společnosti.
2. Při výkonu své rozhodovací činnosti Úřad prosazuje technický a ekonomický pokrok a dbá o zajištění technické spolupráce mezi podnikateli zajišťujícími sítě elektronických komunikací a podnikateli poskytujícími služby elektronických komunikací za účelem zachování bezpečnosti a integrity sítí a služeb elektronických komunikací a kvality poskytovaných služeb elektronických komunikací.

3. Úřad vykonává i další činnosti a plní úkoly, pokud to vyplývá z jiných právních předpisů (ÚŘAD, 2016).

Právní předpisy o telekomunikacích v ČR dělíme na:

Právní předpisy EU, kterých je 145 a dělí se na Nařízení EU, Rozhodnutí EU, Směrnice EU a Doporučení EU. Všechna vyjmenovaná nařízení, rozhodnutí, směrnice a doporučení jsou v tabulce v příloze č.1.

Zákon o elektronických komunikacích: *Zákon 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění zákona č. 290/2005 Sb., zákona č. 361/2005 Sb., zákona č. 186/2006 Sb., zákona č. 235/2006 Sb., zákona č. 310/2006 Sb., zákona č. 110/2007 Sb., zákona č. 261/2007 Sb., zákona č. 304/2007 Sb., zákona č. 124/2008 Sb., zákona č. 177/2008 Sb., zákona č. 189/2008 Sb., zákona č. 247/2008 Sb., zákona č. 384/2008 Sb., zákona č. 227/2009 Sb., zákona č. 281/2009 Sb., zákona č. 153/2010 Sb., (úplné znění vyhlášeno pod č. 259/2010 Sb.), zákona č. 94/2011 Sb., zákona č. 137/2011 Sb., zákona č. 341/2011 Sb., zákona č. 375/2011 Sb., zákona č. 420/2011 Sb., zákona č. 457/2011 Sb., zákona č. 458/2011 Sb., zákona č. 468/2011 Sb., zákona č. 18/2012 Sb., zákona č. 19/2012 Sb., zákona č. 142/2012 Sb., zákona č. 167/2012 Sb., zákona č. 273/2012 Sb., zákona č. 214/2013 Sb., zákona č. 303/2013 Sb., zákona č. 181/2014 Sb., zákona č. 234/2014 Sb., zákona č. 250/2014 Sb. a zákona č. 258/2014 Sb.* (ČTÚ, 2016).

Z hlediska problematiky této práce uvedu pro představu zákony a části z několika zákonů, které se týkají řízení datového provozu, výstavby sítí a síťových plánů a srovnávání cen a podmínek a plánu využití rádiového spektra.

Řízení datového provozu:

Český telekomunikační úřad uvádí, že dnem 30. dubna 2016 nabyla účinnosti ustanovení tzv. Nařízení TSM (*Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2015/2120*), která upravují náležitosti přístupu k otevřenému internetu, a dne 30. srpna 2016 byly sdružením evropských regulátorů BEREC k tomuto Nařízení vydány pokyny „*BEREC Guidelines on the Implementation by National Regulators of European Net Neutrality Rules*“. Nabytím účinnosti, resp. vydáním uvedených dokumentů pozbývá platnosti dokument ČTÚ „*Obecná pravidla a doporučení pro využívání řízení datového provozu při poskytování služby přístupu k síti internet*“. Toto nařízení stanoví společná pravidla pro zajištění rovného a nediskriminačního

nakládání s provozem při poskytování služeb přístupu k internetu a zajištění souvisejících práv koncových uživatelů. Tímto nařízením se zřizuje nový mechanismus tvorby maloobchodních cen za regulované roamingové služby na území Unie s cílem zrušit maloobchodní příplatky za roaming, aniž by došlo k narušení vnitrostátních a navštívených trhů (ČTÚ, 2016).

Výstavba sítí:

Výstavba sítí elektronických komunikací, postup a podmínky spojené s právy na takovouto výstavbu jsou upraveny *zákonem č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon č. 183/2006 Sb.), a zákonem č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění pozdějších předpisů*. Pro výstavbu nové sítě se řeší několik náležitostí. Oprávnění k využívání cizích nemovitostí, styk komunikačních vedení veřejné komunikační sítě s okolím, ochranné pásmo podzemního komunikačního vedení, ochranné pásmo nadzemního komunikačního vedení, ochranné pásmo rádiového zařízení a rádiového směrového spoje a rušení provozu elektronických komunikačních zařízení, sítí a služeb stavbami nebo činnostmi souvisejícími s prováděním stavby (ČTÚ, 2016).

Oprávnění k využívání cizích nemovitostí podnikateli zajišťujícími veřejnou komunikační síť, kteří podle § 8 odst. 2 zákona o elektronických komunikacích oznámili podnikání (dále jen „Podnikatel“) upravuje § 104 zákona o elektronických komunikacích.

Podnikatel je oprávněn při splnění stanovených podmínek:

zřizovat a provozovat na cizím pozemku nebo v něm:

- nadzemní nebo podzemní komunikační vedení veřejné komunikační sítě, včetně jejich opěrných bodů nadzemního nebo vytyčovacích bodů podzemního komunikačního vedení, telefonní budky a přípojná komunikační vedení veřejné komunikační sítě, přetínat tyto pozemky vodiči a zřizovat v nich vedení veřejné komunikační sítě, jakož i související elektrické přípojky,
- anténní stožáry včetně antén rádiových zařízení veřejné komunikační sítě, související elektronická komunikační zařízení veřejné komunikační sítě a související elektrické přípojky,

- anténní stožáry včetně antén rádiových směrových spojů veřejné komunikační sítě, související elektronická komunikační zařízení veřejné komunikační sítě a související elektrické přípojky.

zřizovat a provozovat na cizí stavbě nebo v ní:

- vnitřní komunikační vedení veřejné komunikační sítě včetně koncových bodů veřejné komunikační sítě a souvisejících rozvaděčů, veřejné telefonní automaty a přípojná komunikační vedení veřejné komunikační sítě, jakož i související elektrické přípojky,
- anténní stožáry nebo anténní nosiče včetně antén rádiových zařízení veřejné komunikační sítě a jejich přípojných komunikačních vedení, související elektronická komunikační zařízení veřejné komunikační sítě, připojení na vnitřní elektrické rozvody a související elektrické přípojky,
- anténní stožáry nebo anténní nosiče včetně antén rádiových směrových spojů veřejné komunikační sítě a jejich přípojných komunikačních vedení, související elektronická komunikační zařízení veřejné komunikační sítě, připojení na vnitřní elektrické rozvody a související elektrické přípojky (ČTÚ, 2016).

Pro zajištění výkonu výše uvedených činností uzavře Podnikatel s vlastníkem dotčené nemovitosti písemnou smlouvu. Podnikatel je povinen co nejvíce šetřit práv vlastníků dotčených nemovitostí.

Povinnosti stavebníků a styk komunikačních vedení veřejné komunikační sítě s okolím upravuje *§ 101 zákona o elektronických komunikacích*.

Ochranné pásmo podzemního i nadzemního komunikačních vedení a činnosti v tomto ochranném pásmu upravuje *§ 102 zákona o elektronických komunikacích*. Podzemním komunikačním vedením se rozumí kabelové vedení, včetně kabelů a zařízení uložených pod povrchem země a kabelových rozvaděčů umístěných nad úrovní terénu. Ochranné pásmo podzemního komunikačního vedení vzniká dnem nabytí právní moci rozhodnutí o umístění stavby vydaného podle *zákona č. 183/2006 Sb*. Ochranné pásmo podzemního komunikačního vedení činí 1,5 m po stranách krajního vedení. V ochranném pásmu je zakázáno bez souhlasu jeho vlastníka provádět zemní práce nebo terénní úpravy, zřizovat stavby či umisťovat konstrukce nebo jiná podobná zařízení a vysazovat trvalé porosty. Nadzemním komunikačním vedením se rozumí drátové, kabelové nebo bezdrátové vedení včetně souvisejícího elektronického komunikačního zařízení, postavené nad zemí, vně nebo uvnitř budov. Ochranné

pásmo nadzemního komunikačního vedení vzniká dnem nabytí právní moci rozhodnutí vydaného podle *zákona č. 183/2006 Sb*. Parametry tohoto ochranného pásma, rozsah omezení a podmínky ochrany stanoví na návrh vlastníka tohoto vedení příslušný stavební úřad v tomto rozhodnutí (ČTÚ, 2016).

Parametry ochranného pásma rádiového zařízení a rádiového směrového spoje jsou rozhodnuty úřadem na návrh vlastníka dle *zákona č. 183/2006 SB.*

Srovnávání cen a podmínek:

ČTÚ podle *§ 54 odst. 2 zákona č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů* uveřejňuje „Přehled o aktuálních cenách, kvalitě a podmínkách poskytování veřejně dostupné telefonní služby“ podnikatelů, kteří tyto služby poskytují. Přehled je rozdělen na tři části a to na „Srovnávací přehled o cenách a podmínkách“, „Srovnávací přehled o kvalitě“ a „Srovnávací přehled o aktuálních cenách mezinárodního roamingu“. Tyto přehledy jsou určeny pro koncové uživatele služeb. Slouží především pro orientaci se na trhu a pro pomoc s výběrem operátora. Srovnávací přehledy jsou doplněny o statistické informace i vývoji telekomunikací v České Republice nebo o vývoji úrovně cen za telekomunikační služby (ČTÚ, 2016).

Ve srovnávacím přehledu o cenách a podmínkách může koncový uživatel najít informace o aktuálních cenách a podmínkách užívání veřejně dostupné telefonní služby, poskytnuté jednotlivými podnikateli v této sféře. Cenových plánů je uvedeno od každého podnikatele několik, aby si koncový uživatel byl schopen vybrat alespoň jeden (ČTÚ, 2016).

Srovnávací přehled o kvalitě obsahuje údaje o kvalitativních parametrech veřejně dostupných služeb elektronických komunikací. Jsou to především údaje o době pro zřízení a zprovoznění dané služby, údaje o četnosti poruch a o průměrné době na jejich odstranění a například i údaje o časové dostupnosti informačních služeb (ČTÚ, 2016).

Srovnávací přehled o aktuálních cenách mezinárodního roamingu obsahuje odkazy na internetové stránky jednotlivých poskytovatelů, kde lze najít aktuální tarify mezinárodních roamingových služeb (ČTÚ, 2016).

Plán využití rádiového spektra:

Části plánu využití rádiového spektra vydává Český telekomunikační úřad jako příslušný orgán státní správy podle *§ 108 odst. 1 písm. b) zákona č. 127/2005 Sb.,*

o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění pozdějších předpisů, na základě výsledků veřejné konzultace uskutečněné podle *§ 130 zákona, rozhodnutí Rady Úřadu podle § 107 odst. 8 písm. b) bod 2 a k provedení § 16 odst. 2 zákona opatřeními obecné povahy*. Plán je rozdělen do několika částí a to podle využití daného rádiového spektra. Dělí se podle vlnové délky kmitočtového pásma, například plán pro využití rádiového spektra pro kmitočtové pásmo 9kHZ - 27,5kHz. Takto je to děleno na 26 plánů až do plánu pro využití rádiového spektra pro kmitočtové pásmo 59 GHz – 105 GHz (ČTÚ, 2016).

3. Telekomunikace

Telekomunikace obecně, je pojem používaný pro dálkový přenos informace pomocí technologií, jako jsou například mobilní telefony, pevné telefonní linky, VoIP (digitalizovaný přenos hlasu) a (broadcast) vysílání. Data jsou vysílána ve formě elektromagnetického signálu neboli vlnového přenosu, který je modulován na analogový nebo digitální přenos. Analogový přenos je používán především pro rádiové vysílání a může být amplitudově nebo frekvenčně modulován. Dnes je téměř výhradně používán digitální přenos, který je modernější a mnohem přesnější. Telekomunikace a vysílání jsou celosvětově pod záštitou International Telecommunication Union (ITU), ale v rámci států jsou další orgány, v České republice je to například Český telekomunikační úřad, regulující využívání telekomunikačních médií (INC., 2016).

Pro přenos elektromagnetického signálu je třeba použití takzvaných přenosových médií. Přenosová média přenesou fyzicky danou informaci. Pro přenos informace jsou důležité dva parametry. Kmitočtová charakteristika, která udává kmitočtovou oblast využitelnosti pro přenos informace a úroveň šumu, jehož zdrojem může být okolní zdroj rušení nebo i samotné médium. Médií je celkově hodně a můžeme je rozdělit následovně (NOVOTNÝ, 2002):

Venkovní vedení

Použití venkovního vedení vidíme stále méně. Je to druh nejméně spolehlivého přenosu signálu, který je velmi ovlivněn počasím, především povětrnostními vlivy a námrazou, a lze také velmi snadno rušit. Typy venkovního vedení jsou (NOVOTNÝ, 2002):

- klasické – přenos v pásmu do 150 kHz
- s širokým kmitočtovým pásmem – přenos v pásmu do 1,3 MHz
- vedení velmi vysokého napětí – přenos v pásmu do 500 kHz

Kabelová vedení

Kabelová vedení můžeme dělit na metalická a optická. Metalická vedení dále na symetrická a nesymetrická, kdy symetrická vedení jsou například kroucené páry, kabely UTP (unshielded twisted pair), STP (shielded twisted pair), FTP (foilled twisted pair). Nesymetrická (koaxiální) vedení jsou využívaná pro přenos jak v základním, tak především v přeneseném pásmu. Využívají se do kmitočtů jednotek GHz. Optická vedení se vyznačují velmi vysokou přenosovou kapacitou, nízkou váhou a vysokou odolností proti rušení. Využívají se v oblasti vlnových délek 850 nm, 1300 nm a 1550 nm. Dělí se na mnohovidová a jednovidová. Mnohovidová optická vlákna mají větší

průměr jádra, ale menší kapacitu přenosu a dosah, díky vlivu vidové disperze při průchodu signálu vláknem. Dělíme je na vlákna se skokovou změnou indexu lomu a vlákna s gradientní změnou indexu lomu. Jednovidová vlákna mají velmi tenké jádro a obrovskou kapacitu přenosu s dosahem až sto kilometrů bez regenerátoru signálu. Dělíme je na jednovlnová, která mají kapacitu přenosu až 40 GB za vteřinu, a vlákna s vlnovým multiplexem (DWDM), která jsou schopná přenést až jednotky TB za sekundu (NOVOTNÝ, 2002).

Bezdrátová vedení

Bezdrátová vedení jsou přenosy elektromagnetických vln bez použití jakékoliv kabeláže. Toto spojení umožnuje možnost pohybu koncového odběratele signálu, a proto je využíváno i v letecké dopravě. Snadno je realizováno všesměrové vysílání, problém je ale v rušení signálu a jeho vícecestném šíření. Bezdrátová vedení dělíme na pozemní v rádiovém pásmu, družicové spoje a vedení v optickém pásmu (NOVOTNÝ, 2002).

Pozemní v rádiovém pásmu:

* frekvence do 1 GHz, je používáno pro analogový rozhlas a tv, analogové bezdrátové telefony a digitální mobilní systém GSM 900
* frekvence větší než 1 GHz (mikrovlny) se používají pro bezdrátové telefonní systémy DECT, funkci bluetooth, WLAN 2,4 a 5 GHz a FWA, GSM 1800, GSM 1900

Družicové spoje umožňují vedení signálu do špatně dostupných oblastí, například nad moře, a mobilitu odběratele. V optickém pásmu je pro vedení signálu používáno infračervené záření a lasery (NOVOTNÝ, 2002).

3.1. Internet

Internet jsou volně propojené počítačové sítě, které spojují jednotlivé síťové uzly. Uzlem může být jeden počítač nebo router. Každý počítač má v rámci rodiny protokolů TCP/IP svoji adresu.

3.1.1. Základní služby internetu jsou:

WWW:

World Wide Web, což je systém webových stránek, které si každý uživatel může zobrazit ve svém webovém prohlížeči. Běžně se pro tyto služby používá protokol http (Hypertext Transfer Protocol), který pracuje na bázi dotazů a odpovědí. Uživatel pomocí programu pošle dotaz, který je ve formě čistého textu a server potom několika řádky textu s informacemi o dokumentu odpoví. V rámci zabezpečení dotazovaných

a odpovídaných dat bylo třeba vyvinout protokol https (Hypertext Transfer Protocol Secure), který funguje stejně, pouze vyšle navíc informaci, aby se zpráva zašifrovala metodou SSL/TLS (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security) (THE INTERNET SOCIETY, 1999).

Email:

Elektronická pošta používající protokol SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) POP3 (Post Office Protocol) a IMAP (Internet Message Access Protocol). SMTP zajišťuje přímé spojení mezi odesílatelem a adresátem, kdy zpráva je doručena do poštovní schránky adresáta a přístupná pomocí poštovního klienta (Microsoft Outlook apod.) využívajícího protokolů POP3 a IMAP (POSTEL, 1982).

Instant messaging:

Přímá, živá komunikace mezi uživateli v reálném čase, která využívá různé protokoly, jako jsou například OSCAR (Open System for Communication in Reatime) nebo XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol). Oba protokoly jsou využívány pro přenos textových zpráv mezi uživateli programů jako je ICQ nebo Jabber. Protokol XMPP je využíván i jako komunikátor nejen mezi uživateli, ale i mezi různými programy, kterými se ovládají automatické služby (P. SAINT-ANDRE, 2004).

VoIP:

Voice over Internet Protocol je přenos digitalizovaného hlasu pomocí internetu a využívá protokoly SIP (Session Initiation Protocol), RTP (Real-time Transport Protocol) a SDP (Session Description Protocol). Tyto tři protokoly pracují společně, kdy SIP inicializuje relaci, RTP uskuteční vlastní přenos hovoru a SDP popisuje detaily o vlastnostech daného přenosu (GOODE , 2002).

FTP:

File Transfer Protocol je internetová služba pro přenos souborů mezi počítači. Protokol se jmenuje stejně jako služba FTP a funguje na bázi klient-server, kdy FTP server poskytuje data pro ostatní počítače a klient se k serveru připojí a může s daty provádět různé operace (POSTEL, 1985).

Dalšími službami internetu jsou například: DNS (Domain Name System) což je hierarchický systém doménových jmen, dále pak NFS (Network File System), GFS (Global File System), SMB (Server Message Block), jsou systémy pro sdílení souborů přes protokoly. Přes internet se lze vzdáleně připojit k jinému počítači, například přes klasický terminálový přístup TELNET nebo Virtual Network Computing (VNC), přes který se lze připojit ke grafickému uživatelskému prostředí. Existují i služební protokoly pro provoz a správu sítí. Například DHCP (Dynamic Host

Configuration Protocol - automatická konfigurace pro komunikaci v sítích s TCP/IP, nebo SNMP (Simple Network Management Protocol) – správa a monitorování síťových prvků.

3.1.2. Způsob připojení k internetu:

Zprostředkovatelem připojení k internetu je takzvaný ISP (Internet Service Provider). Je to firma nebo organizace poskytující telekomunikační služby. Uživatel se může připojit k internetu několika způsoby:

Telefonní linka, kdy majitelem je telefonní operátor – využívá se modem (zařízení pro převod mezi analogovým a digitální signálem – ADSL je modem pro širokopásmové telefonní připojení k internetu)

Kabelová přípojka – zařízení je připojené koaxiálním kabelem k rozvodu lokální televizní sítě

Bezdrátová datová síť – přenos dat bez kabelového připojení, kdy přenos ke koncovému uživateli je možný přes satelity, mobilní telefonní síť nebo Wi-Fi.

Dále pak je možné připojení pomocí elektrické rozvodné sítě a několik dalších možností.

O kvalitě připojení rozhoduje¨:

agregace (kolik uživatelů sdílí jednu linku)

doba odezvy

rychlost připojení poslední míle

technologie použitá pro připojení „poslední míle“

4. Satelitní komunikace

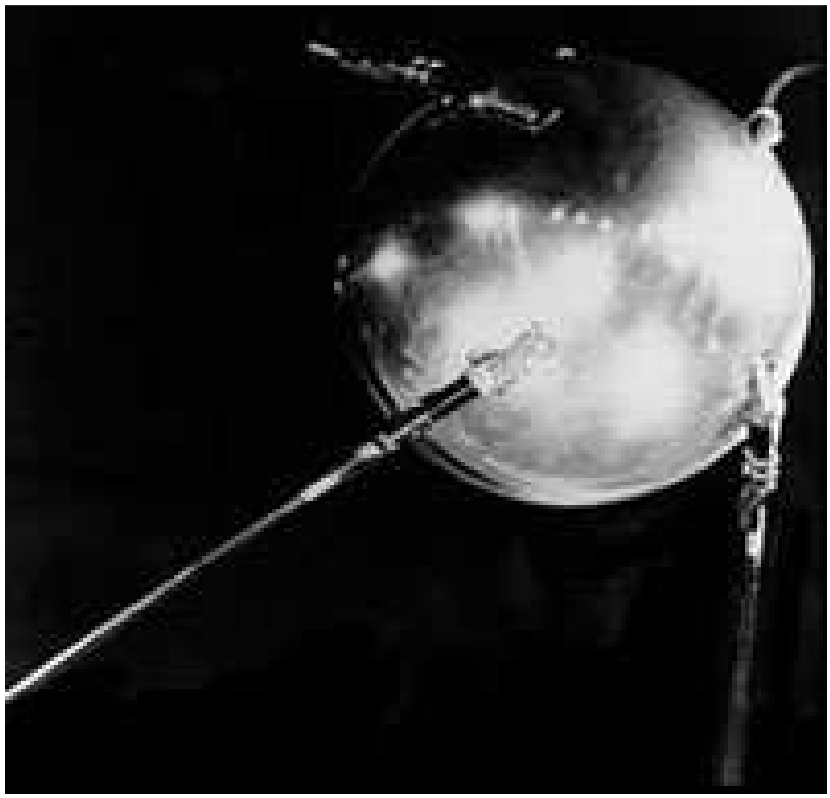
4.1. Satelit

Satelit, ve všeobecném pojetí, je jakékoliv těleso nebo objekt obíhající po oběžných drahách ve vesmíru. Satelitem může být Měsíc, naše planeta Země, jiné další planety, přirozená vesmírná tělesa, jako jsou asteroidy, anebo i člověkem vytvořená umělá tělesa. Například Země je satelitem obíhajícím kolem Slunce, Měsíc je satelitem obíhajícím kolem Země a člověkem vyrobené umělé těleso je satelitem obíhajícím Zemi. Země a Měsíc jsou tedy přirozené satelity a satelit jak jej většinou chápeme je umělá družice vynesená do vesmíru (DUNBAR, 2015).

Tato práce se bude zabývat především umělými satelity a jejich využitím. Jeden z hlavních účelů satelitu je sbírání různých dat pro vědecké účely. Pomocí satelitu můžeme pozorovat větší plochy Země ve stejném čase, sesbírat větší množství dat a sesbírat je v kratším čase než by kdy mohly sesbírat nástroje na povrchu Země. Pomocí satelitu můžeme také lépe vidět na druhou stranu, dál do vesmíru, a studovat vzdálené galaxie, temnou hmotu, černé díry a spousty dalších objektů, nacházejících se ve vzdálených galaxiích. Důvodem, proč je lepší pro tyto studie využívat satelit, je chybějící atmosféra, oblačnost, prach a další částice, které zabraňují dobrému obrazu při snímání vzdálených objektů. Všechna tato data nám pomáhají pochopit fungování vesmíru, vznik naší planety a také samotné stvoření celého vesmíru. Dalším účelem satelitů je jejich využití v telekomunikaci, navigaci a sledování. Pomocí satelitu lze mnohem lépe přenášet signál. Od začátků se satelity především využívaly pro přenos telefonního, televizního a navigačního signálu. Dnes se využívají i pro přenos internetu (DUNBAR, 2015).

4.2. Historie umělých družic

První satelit, který byl vynesen do vesmíru, byl Sputnik 1. Sovětský svaz jej vypustil 4. října v roce 1957. Jednoduchý satelit o velikosti basketbalového míče, obsahující pouze rádio vysílající signál, obíhal Zemi tři měsíce. Jako druhý jen o měsíc později poslal Sovětský Svaz do vesmíru Sputnik 2, který měl na palubě první živý objekt, psa Laiku. Odpovědí na Sovětský úspěch byl satelit Spojených států Explorer 1, nesoucí malé vědecké vybavení, díky kterému byly objeveny magnetické radiační pásy kolem Země (Van Allenovy pásy), pojmenované po jejich výzkumníkovi Jamesi Van Allenovi. Satelit byl vypuštěn v únoru roku 1958 a tak začal závod v dobývání vesmíru (PITFIELD, 1994).



Obrázek 1: Sovětský satelit Sputnik 1 (SOCIETY, 1996)

První telekomunikační satelit byl do vesmíru vypuštěn v prosinci 1958. Signal Communication by Orbital Relay (SCORE), byl první satelit, který vysílal zprávu zpět na Zemi. Byla to Vánoční zpráva amerického prezidenta Eisenhowera. Hlavním úkolem mise však bylo dokázat, že rakety Atlas jsou schopny dosáhnout orbity. Hlavními tahouny ve vypouštění satelitů byly Spojené Státy a Sovětský Svaz, kteří během let 1958 až 1962 vyslali do vesmíru až 70 satelitů (WATANABE, n.d.).

4.2.1 Historický přehled několika významných satelitů:

Rok	Název satelitu	Událost	Země, organizace
4.10.1957	SPUTNIK 1	První satelit ve vesmíru	SSSR
3.11.1957	SPUTNIK 2	Satelit s prvním živým objektem, pes Laika	SSSR
31.1.1958	EXPLORER 1	Van Allenovy pásy	USA
17.3.1958	VANGUARD 1	Tří stupňový satelit	USA
26.3.1958	EXPLORER 3	První úspěšný nástupce Exploreru 1	USA
15.5.1958	SPUTNIK 3	Výzkum vyšších vrstev atmosféry	SSSR
18.12.1958	SCORE	První satelit vysílající zprávu zpět na Zemi	USA
1.4.1960	TIROS	Television Infrared Observation Satellite, První pokus NASA o použití satelitu k pozorování Země	NASA

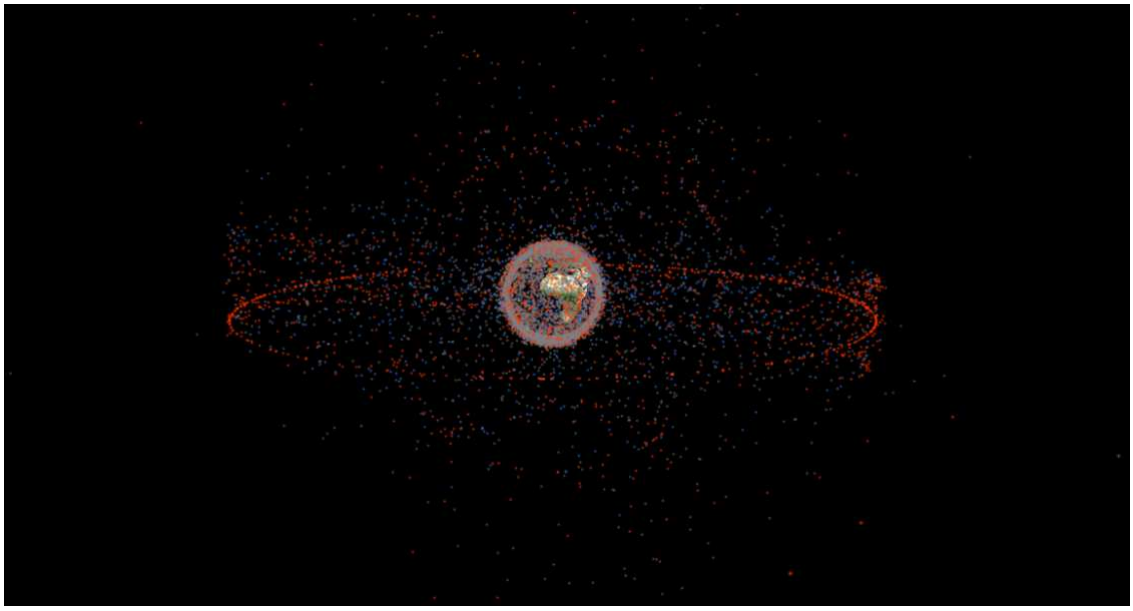
12.8.1960	ECHO 1	Radiokomunikační satelit, pasivní reflektor mikrovlnných signálů	USA
4.10.1960	COURIER 1	Telekomunikační satelit, nahrávání zpráv ze Země a jejich vysílání zpět	USA
26.4.1962	ARIEL 1	První Britský satelit, výzkum ionosféry a vyšších vrstev atmosféry 85 km – 600km	Velká Británie, NASA
10.7.1962	TELSTAR 1	První televizní vysílání v globálním rozměru, přes Atlantik	USA
29.9.1962	ALOUETTE 1	První Kanadský satelit	Kanada, NASA
13.12.1962	RELAY	Vysílání televizního signálu z USA do Japonska	NASA
19.8.1964	SYNCOM 3	První geostacionární satelit, vysílání olympijských her v Tokiu, testování telekomunikací	NASA
15.12.1964	MARCO 1	První Italský satelit, výzkum hustoty atmosféry a složení ionosféry	Itálie
19.10.1965	MOLNIYA 1	První Sovětský telekomunikační satelit	SSSR
26.11.1965	ASTÉRIX	První Francouzský satelit	Francie
7.12.1966	ATS-1	Applications Technology Satellite (ATS), přenos snímků počasí a televizního vysílání	NASA
26.1.1967	INTELSAT II	Jeden ze série 4 telekomunikačních satelitů, který skončil mimo plánovanou orbitu	NASA
29.11.1967	WRESAT	Weapons Research Establishment Satellite, první Australský satelit	Austrálie
26.7.1969	INTELSAT III	Satelit globální telekomunikace	NASA
8.11.1969	AZUR	První Německý satelit, výzkum Van Allenových pásů, solárních částic a polární záře	Německo
11.2.1970	OSHUMI	První Japonský satelit, výzkum vynášecích technologií, raket Mu	Japonsko
24.4.1970	DONG FANG HONG	První čínský satelit, hlavní mise bylo vysílání písně „Dong Fang Hong (Východ je rudý)“ jako tribut předsedovi Mao	Čína
12.12.1970	UHURU	Výzkum rentgenového záření	USA
10.1971	PROSPERO	Testování telekomunikačních technologií	Velká Británie
11.12.1971	ARIEL 4	Výzkum elektromagnetických vln, plasmy a energetických částic přítomných v horní ionosféře	Velká Británie
13.4.1974	WESTAR 1	Geosynchronní telekomunikační satelit	USA
30.8.1974	ANS	První Nizozemský satelit, X-ray a UV teleskop	Nizozemí
15.11.1974	INTASAT	První Španělský satelit	Španělsko
19.4.1975	ARYABHATTA	První Indický satelit	Indie

12.1975	RCA SATCOM	SATCOM: Satellite Communications, televizní vysílání	USA
19.2.1976	MARISAT	Telekomunikační satelit pro Americké námořnictvo	USA
8.7.1976	PALAPA A1	První Indonéský satelit	Indonésie
14.11.1978	MAGION 1	První Československý sub-satelit, výzkum magnetosféry	ČSR

Tabulka 1: Historický přehled satelitů (NELSON, n.d.)

V 70. a 80. letech se technologie satelitů jak armádních tak civilních zlepšila natolik, že bylo možné snímat detailní snímky planety ve vysokém rozlišení. Prvním pozorovacím satelitem (surveillance) byl Landsat, nejdříve ERTS (Earth Resources Technology Satellite), který umožnil detailní pozorování Země a změn na jejím povrchu (SOCIETY, 1996).

Dnes je v blízkém okolí Země tolik objektů, že se za nimi naše planeta může schovat. Na obrázku je vidět relativně aktuální stav všech objektů. (28.8.2016) Červené jsou aktuálně používané satelity nebo objekty, které nesou payload. Modré body jsou těla raket, šedé body jsou odpad a najde se i několik žlutých bodů, které jsou prozatím značeny jako neidentifikované objekty.



Obrázek 2: Veškeré objekty v blízkém okolí Země (YODER, 2016)

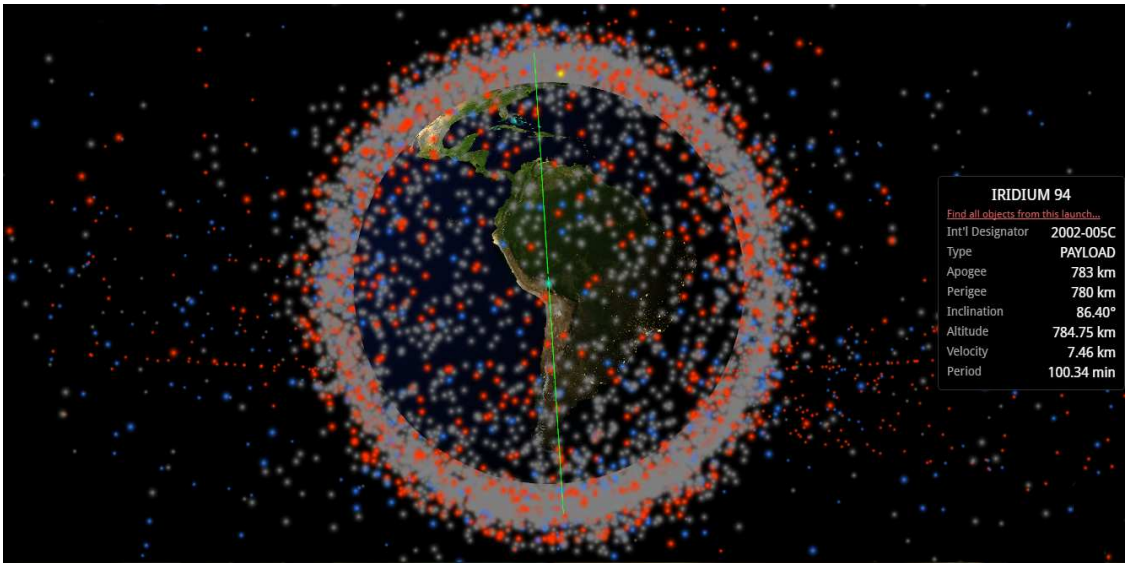
4.3. Typy oběžných drah

Veškeré satelity obíhají Zemi v orbitách neboli oběžných drahách. Tyto dráhy mají tvar elipsy s různou excentricitou a inklinací. Existují i další typy orbit, parabola nebo hyperbola, které se používají pro opuštění gravitačního pole Země, kdy těleso musí dosáhnout minimálně druhé kosmické rychlosti $v_2 = 11{,}18\, km \cdot s^{-1}$ a vyšší. Po parabolách a hyperbolách se pohybují satelity, které jsou vyslány na mise

do vzdáleného vesmíru, pro výzkum dalších planet a objektů. Pro účely této práce se budu zabývat orbitami pouze eliptickými. Ty můžeme rozdělit na několik typů:

4.3.1. LEO (Low Earth Orbit)

Satelity pohybující se po nízké oběžné dráze jsou přibližně ve výšce 160 až 2000 km nad zemí. Inklinace nízké orbity záleží na tom, co chceme satelitem pozorovat. Například satelity pro zkoumání tropických monsunů (TRMM – Tropical Rainfall Measuring Mission) mají inklinaci 35 stupňů, aby zůstaly co nejdelší dobu nad rovníkovými oblastmi. Další satelity obíhají Zemi na LEO s inklinací necelých 90 stupňů. Těmto orbitám se říká polární, protože se satelit pohybuje od pólu k pólu. Doba oběhu je přibližně 90 minut a během 24 hodin satelit vidí jedno stejné místo na Zemi dvakrát a to jednou Sluncem osvětlené a jednou ve stínu. Na nízkou orbitu míří většina vesmírných misí s lidskou posádkou, protože je ve výškách kolem 400 km ještě dostatečně silné geomagnetické pole, které chrání před kosmickým zářením. Jedna nevýhoda LEO spočívá v tom, že v nižších výškách ještě do dráhy zasahují zbytky atmosféry, které způsobují vyšší tření a tím zpomalování objektu a jeho postupný pokles zpět k Zemi. Tento jev se může využít pro ukončení života satelitu tak, že po skončení jeho mise se těleso může nechat shořet v atmosféře. Aby se tedy satelit udržel na LEO, musí udržovat danou rychlost, která je rovna $v_1 = 7{,}911 \cdot 10^3 m \cdot s^{-1}$ takzvaná první kosmická rychlost (ICHOKU, n.d.).



Obrázek 3: Nízká oběžná dráha satelitu IRIDIUM 94 (15.8.2016, 22:37) (YODER, 2016)

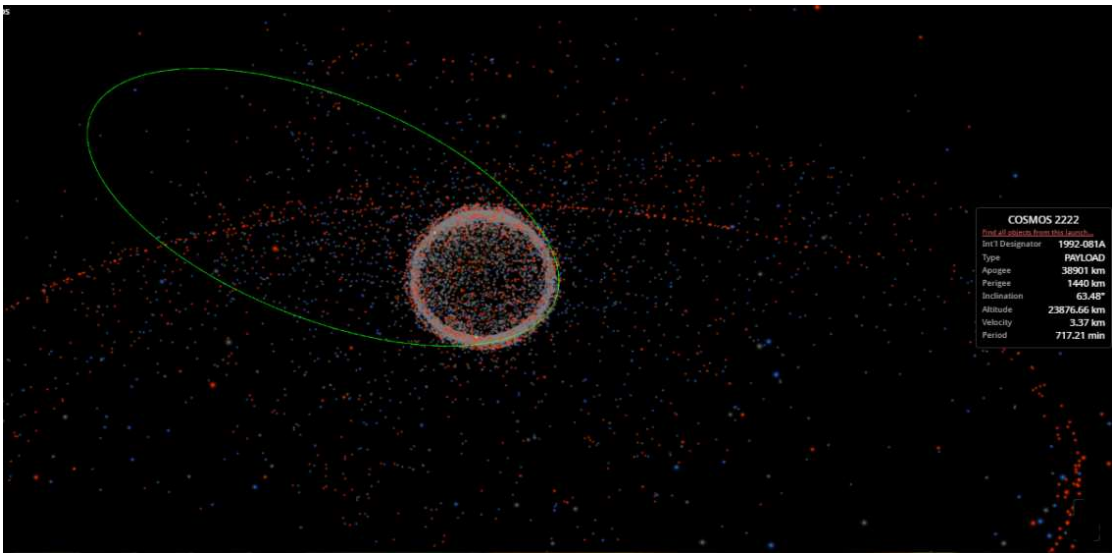
4.3.2. MEO (Medium Earth Orbit)

Střední oběžné dráhy se nacházejí ve výšce 2000 až 30 000 km a jsou nejpoužívanějšími drahami pro navigační satelity. Například satelity GPS se pohybují na orbitách ve výšce 20,180 km, Galileo 23 222 km a Glonass 19,130 km. Střední

oběžné dráhy můžeme rozdělit na dva nejvíce používané typy a to na semi-synchronní orbity a Molniya dráhy (ICHOKU, n.d.).

Semi-synchronní dráhy jsou velmi málo excentrické a oběh takové dráhy trvá přibližně 12 hodin. Díky rotaci Země tak satelit vidí dvakrát to stejné místo na rovníku během 24 hodin. Semi-synchronní dráhy jsou využívány systémem GPS (ICHOKU, n.d.).

Druhý typ MEO jsou takzvané Molniya orbity. Molniya v ruštině znamená v angličtině „lightning“ nebo „quick as lightning“ do češtiny přeloženo „rychlý jako světlo“. Molniya je dráha s vysokou excentricitou až $e = 0{,}7$ a oběh po této dráze trvá 12 hodin. Z těchto dvanácti hodin je satelit až 11 hodin nad severní polokoulí. Toto je umožněno právě vysokou excentricitou, inklinací dráhy, která je rovna $i = 63{,}4°$, a jejím perigeem nad jižní polokoulí, které díky této inklinaci nerotuje. Molniya dráhy jsou také využívány pro satelitní pokrytí vyšších zeměpisných šířek až do 80 stupňů (SELLERS, n.d.).



Obrázek 4: Molniya dráha satelitu COSMOS 2222 (30.8.2016, 18:03) (YODER, 2016)

4.3.3. GEO (Geosynchronous Earth Orbit)

Když satelit dosáhne výšky 42 164 km od středu Země (přibližně 36 000 km nad jejím povrchem), dostane se na speciální vysokou orbitu, kdy satelit se pohybuje rychlostí stejnou, jako se otáčí Země a tím je zdánlivě vždy na stejném místě. Zdánlivě proto, že se může mírně pohybovat na sever nebo jih. Takové dráze se říká geostacionární orbita a čas jednoho oběhu je roven času siderického dne neboli 23 hodin 56 minut a 4 vteřiny. Geostacionární orbity se především využívají pro telekomunikační a meteorologické satelity, kdy je potřeba pokrýt jedno dané území po celou dobu. Geostacionární orbity mají pro telekomunikační satelity několik výhod:

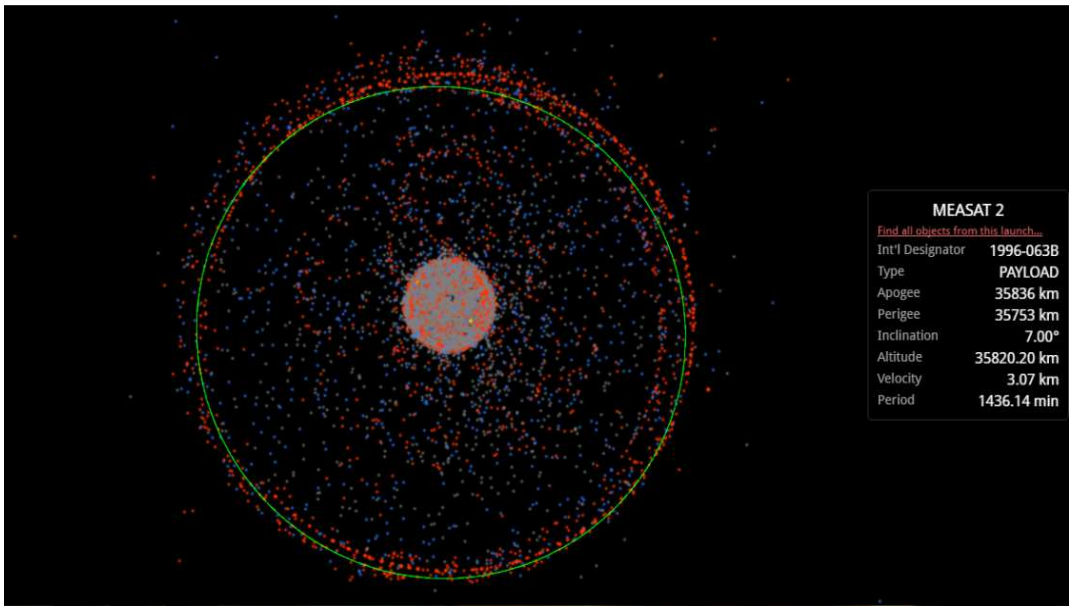
- Satelit je relativně stacionární k Zemi a tím se vyhýbáme problému se změnou frekvence, kvůli relativnímu pohybu satelitu vůči pozemním anténám (Dopplerův efekt).
- Sledování satelitu ze Země je velmi jednoduché.
- Ve výšce 35 863 km nad povrchem Země může satelit komunikovat přibližně se čtvrtinou Země -> tři satelity v geostacionárních orbitách oddělené úhlem 120° pokryjí většinu obydleného území Země.

Nevýhoda geostacionárních orbit a družic na nich je nedostatečné pokrytí oblastí vyšších zeměpisných šířek až k pólům. Signál vysílaný z takové výšky se může cestou značně oslabit a i při jeho rychlosti $c \approx 300\,000\,km \cdot h^{-1}$ je znát značné zpoždění vysílaného signálu.

Zpoždění v komunikaci mezi dvěma pozemními stanicemi, které se nachází přímo pod satelitem na geostacionární orbitě je $\frac{(2 \cdot 35\,863)}{300\,000} \approx \mathbf{0,24}\ \boldsymbol{s}$ a pro území satelitům vzdálenější je zpoždění signálu ještě větší (ICHOKU, n.d.).

4.3.4. HEO (High Earth Orbit)

Vysoké orbity jsou ve výškách nad 36 000 km a používají se na nich satelity především ke zkoumání solární aktivity a takzvané „vesmírné počasí“. Další hlavní místa pro satelity se nacházejí ve výšce těsně za hranicí vysokých orbit. Jsou to Lagrangeovy body. Lagrangeovy body jsou místa, kde se potkávají dvě gravitační pole a satelit v těchto místech je stejnou silou přitahován jak Zemskou gravitační silou, tak gravitací od Slunce, ale zároveň rotuje společně se Zemí kolem Slunce. Lagrangeových bodů je celkem pět a pouze dva jsou stabilní tak, že není potřeba žádných jiných působení na satelit, aby v bodech zůstal (ICHOKU, n.d.).



Obrázek 5: GEO satelitu MEASAT 2 (15.8.2016, 22:30) (YODER, 2016)

4.3.5. Pokrytí signálem

Pokrytí signálem a tedy efektivní využití telekomunikačních satelitů je závislé na několika geometrických parametrech. Vzdálenosti satelitu od povrchu Země a elevačním úhlu přijímací stanice (viz. obrázek 6.). Pro dosáhnutí maximálního satelitního pokrytí bychom potřebovali elevační úhel roven nule. To však není možné z několika důvodů:

- budovy, stromy a další pozemní objekty, které způsobují mnohocestné síření signálu, a tím jej velmi oslabují.

- čím menší je elevační úhel, tím déle signál prochází atmosférou a tím se také značně oslabuje

-u povrchu Země je vyšší elektrický šum, který neblaze ovlivňuje příjem signálu.

Tato tři omezení musíme vzít v potaz při určování ideálního elevačního úhlu. Pro downlik je dnes vyžadován elevační úhel od 5° do 20° v závislosti na frekvenci. Pro uplink je vyžadován minimální elevační úhel 5° (STALLINGS, 2014).

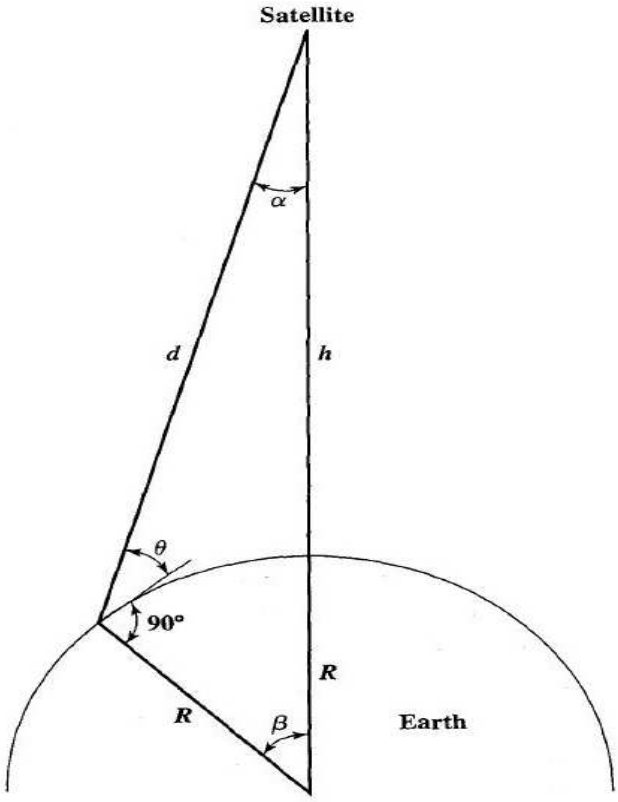
R – poloměr Země 6378 km

h – vzdálenost satelitu od středu Země (výška orbity)

d – vzdálenost satelitu od povrchu Země (pozemní stanice)

θ – elevační úhel

β – úhel pokrytí



Obrázek 6: Pokrytí a elevační úhel (STALLINGS, 2014)

Vzdálenost satelitu od jeho nejvzdálenějšího bodu pokrytí můžeme vypočítat pomocí rovnice:

$$\frac{R}{R+h} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)} = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta - \theta\right)}{\sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)} = \frac{\cos(\beta + \theta)}{\cos(\theta)}$$

kdy po úpravě dostaneme:

$$\frac{d}{R+h} = \frac{\sin(\beta)}{\sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)} = \frac{\sin(\beta)}{\cos(\theta)}$$

$$d = \frac{(R+h)\sin(\beta)}{\cos(\theta)} = \frac{R\sin\beta}{\sin\alpha}$$

Oblast pokrytí je obvykle vyjádřena jako průměr dané oblasti, která je vyjádřena jako $2\beta R$.

4.4. Části satelitu

4.4.1 Typy satelitů

Uměle vytvořené satelity můžeme rozdělit na meteorologické, telekomunikační, výzkumné a telemetrické satelity. Každý z nich bude tvořen z různých částí především jiného vybavení a nákladu (payload). Co zůstává povětšinou stejné, je kryt a konstrukce satelitu, kdy použité materiály musí vydržet působící síly, dále to pak budou systémy na pohon a manévrování a na sledování polohy samotného satelitu. Rozdílné bude především vybavení, kdy pro meteorologický satelit budou potřeba kamery nebo fotoaparáty a pro telekomunikační satelity zase různé vysílače apod. (WAIKATO, 2013).

4.4.2 Hlavní části satelitu

Základem každého satelitu je obal neboli konstrukce. Konstrukce musí vydržet všechny síly působící na satelit během celé jeho mise. Uvnitř se potom nachází všechny počítače a systémy, které jsou materiálově citlivější a nemohou být vystaveny přímému kosmickému prostředí (WAIKATO, 2013).

Počítač a senzory pro kontrolu pozice se používají pro udržení správné pozice satelitu vůči Zemi, tak aby určitý systém mohl fungovat. Jednoduše, aby například snímající kamera viděla pořád na Zemi a ne do vesmíru. Sensory mohou například snímat sluneční světlo a počítač tím vyhodnotí natočení satelitu a případně nezbytnou opravu polohy (WAIKATO, 2013).

Manévrovací trysky – používají se pro pohyb ve vesmíru. Nejčastěji pro opravu orbity a zachování dané pozice (WAIKATO, 2013).

Každý satelit musí svým systémům nějak dodávat elektrickou energii. K tomu jsou určeny solární panely, které se po dosažení dané oběžné dráhy rozvinou a během pobytu satelitu na slunečné straně Země jsou používány na pohon systémů a na nabíjení záložních baterií, které jsou určeny pro použití k napájení, když se satelit nachází momentálně neosvětlené straně Země (WAIKATO, 2013).

Termální kontrola proti přehřátí počítače (WAIKATO, 2013)

4.4.3. Vybavení podle mise satelitu

Vybavení různého typu satelitu se liší podle jeho použití. Meteorologické satelity, konkrétně například satelit MSG (Meteosat druhé generace), si na sobě nese výzkumné vybavení Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI), což je hlavní přístroj na snímání Země ve 12 různých spektrálních kanálech. Dále pak nese Mission Communication Payload (MCP), přístroje pro telemetrii, komunikaci

a řízení družice, Geostationary Earth Radiation Budget (GERB), vybavení určené pro měření celkového záření v horní atmosféře, kterým se sledují především klimatické podmínky a změny. Čtvrtým přístrojem na MSG je Search and Rescue transponder (S&R), který slouží ke sběru nouzových signálů (ČHMÚ, 2016).

Navigační satelity jsou vybaveny atomovými hodinami, přijímacími a vysílacími anténami, laserovými odražeči pro měření polohy, laserovými monitorovacími stanicemi, anténami a komunikačními jednotkami pro řídicí část systému a solárními panely s akumulátory jako zdroj energie (ŠEBESTA, 2012).

Výzkumné satelity mohou mít velmi různé vybavení, nejčastěji jsou to kamery a fotoaparáty pro snímání povrchu Země, nebo naopak zdokonalené teleskopy s fotoaparáty pro snímání dalekého vesmíru. Dále pak jako vybavení můžeme zmínit různé měřicí přístroje a sensory, například spektrometry s lineárním polem, atmosférický korektor, detektory gama záření nebo sensory na měření molekulární hustoty kyslíku v atmosféře (SURVEY, 2016).

4.5. Satelitní přenos

Satelitní přenos je rádiový přenos mezi dvěma stanicemi na povrchu Země prostřednictvím satelitu umístěného na oběžné dráze. Jedna vysílající stanice vyšle signál satelitu a ten jej vyšle do druhé přijímací pozemní stanice. Satelitní spojení spočívá v jednom odeslání dat (uplink) a stažení dat (downlink), kdy elektronika na satelitu (transponder) změní (remapuje) nosnou frekvenci signálu přijatého ze země na jinou nosnou frekvenci signálu odesílaného k zemi. Satelitní, nebo radiový přenos, využívá specifické vlnové pásmo elektromagnetického spektra. Přenosy jsou realizovány na super vysoké frekvenci (Super High Frequency SHF) od 3 do 30 GHz někdy také nazývané jako „mikrovlnné frekvence“. Toto pásmo je nejvhodnější pro satelitní komunikaci, především proto, že frekvence pod 30 MHz nejsou schopny za určitých slunečních podmínek proniknout ionosférou, a frekvence vyšší než 30 GHz jsou oslabovány atmosférickými jevy jako je oblačnost, déšť, písek a prachové částice, čímž by mohl být satelitní přenos velmi nestabilní (MINOLI, 2015).

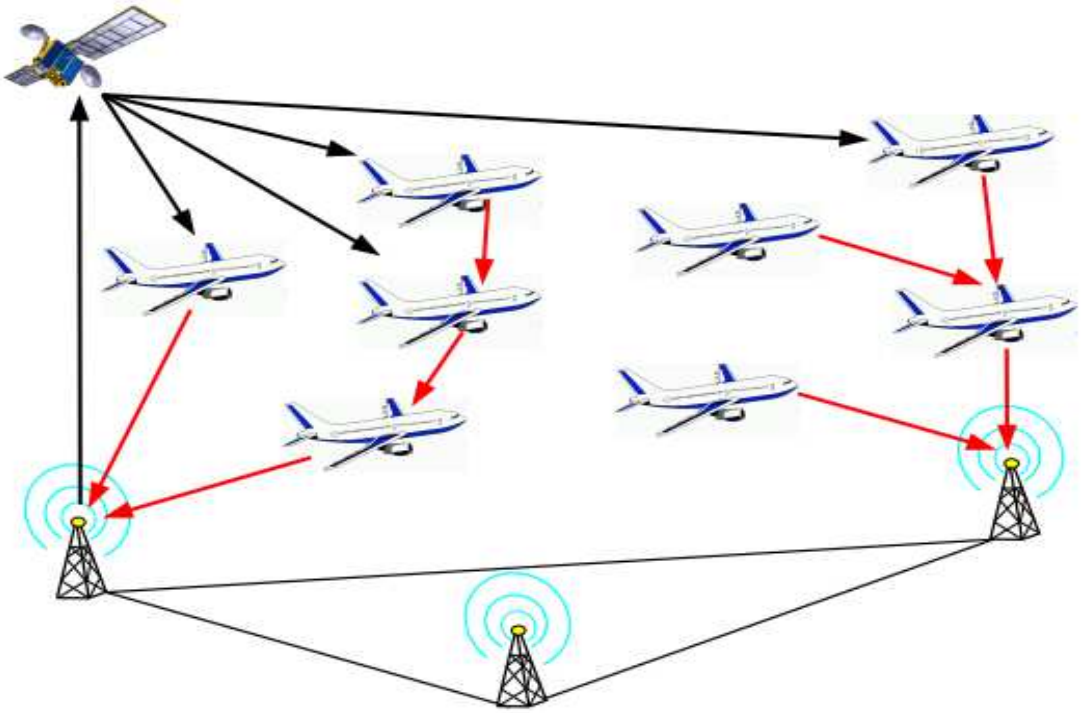


Figure 1. Topology of an aeronautical ad-hoc network with a forward channel by satellite

Obrázek 7: Schéma propojení pro přenos internetu (FRÉDERIC BESSE, 2014)

4.5.1. Frekvenční pásma

Frekvenční pásmo je souvislý interval frekvencí se spodní i horní hranicí, které je použitelné pro daného uživatele. Použitelný interval je nazýván jako šířka frekvenčního pásma a pro přenos elektromagnetického signálu je používáno vysokofrekvenčních pásem. Rozdělení vysokofrekvenčních pásem je následující:

Frekvence	*Název*
30 GHz – 300 GHz	Milimetrové vlny
3 GHz – 30 GHz	Centimetrové vlny
300 MHz – 3 GHz	Ultrakrátké vlny (decimetrové)
30 MHz – 300 MHz	Velmi krátké vlny (metrové)
3 MHz – 30 MHz	Krátké vlny (dekametrové)
300 kHz – 3 MHz	Střední vlny (hektametrové)
30 kHz – 300 kHz	Dlouhé vlny (kilometrové)

Tabulka 2: Frekvenční pásma

Decimetrové, centimetrové a milimetrové vlny se nazývají společně jako mikrovlny. Rozdíl mezi vlnovými pásmy je ve vlastnostech šíření signálu.

Podle International Telecommunication Union (ITU) je Země rozdělena do třech regionů s níže uvedenými přidělenými frekvencemi.

Region 1: Evropa, Blízký Východ, Rusko a Afrika

Region 2: Americký kontinent

Region 3: Asie, Austrálie a Oceánie

Satelitní frekvence [GHz]		
Band (pásmo)	Downlink	Uplink
C	3,7 – 4,2	5,925 - 6,425
X (Armádní)	7,25 – 7,745	7,9 – 8,395
Ku (Evropa)	FS: 10,7 – 11,7 DBS: 11,7 – 12,5 Telecom: 12,5 – 12,7	FSS: 14,0 – 14,8 DBS: 17,3 – 18,1 Telecom: 14,0 – 14,8
Ku (Amerika)	FSS: 11,7 – 12,2 DBS:12,2 – 12,7	FSS: 14,0 – 14,5 DBS: 17,3 – 17,8
Ka	~18 - ~31 GHz	
V	36 – 51,4	

Tabulka 3: Satelitní frekvence

Tabulka ukazuje celosvětově využívaná frekvenční pásma, která jsou definovaná v „Radio Regulations“. Z pohledu regionů mohou být v jednotlivých typech rozdíly, ale pásma C a Ku jsou kompatibilní. Frekvenční pásma se dále rozdělují do menších kanálů „transponders“, které jsou používány pro individuální aplikace. Například pásmo C má dva hlavní kanály na 40 MHz a 36 MHz. Podobně je na tom Ku pásmo. Většina satelitů podporuje přenos obou pásem jak C tak Ku dohromady (MINOLI, 2015).

4.5.2. Satelitní servis

Satelitní servis můžeme rozdělit do několika kategorií:

* **Fixed Satellite Service (FSS)** je typ satelitního přenosu mezi satelity na přesně dané pozici. FSS používá geostacionární satelity s fixní pozemní stanicí. FSS se používá pro přenos videa, hlasu a IP dat na dlouhé vzdálenosti. Signál je přenášen ze jedné vysílací stanice buď na jeden přijímač (point-to-point) nebo na více přijímačů (point-to-multipoint). FSS servis zahrnuje i spojení satelit-satelit, ale tento přenos není využíván pro komerční účely (MINOLI, 2015).

* **Broadcast Satellite Service (BSS)** je satelitní přenos signálu, který je určen široké veřejnosti a signál přijímá přímo jeho odběratel. Příkladem je Direct Broadcast Service (DBS) neboli přímé vysílání televizního a audio signálu do domácností na předem definovaném frekvenčním pásmu. BSS/DBS využívá geostacionární satelity. Na rozdíl od FSS používá spojením pouze point-to-multipoint. Tím je k pokrytí signálem potřeba méně satelitů (MINOLI, 2015).
* **Mobile Satellite Service (MSS)** je satelitní servis určený pro bezdrátový přenos signálu na jakýkoliv bod na Zemi. Při dnešním rozvoji technologií a dostupnosti zařízení jsou lidé zvyklí připojit se s mobilním zařízením prakticky všude a vyžadují bát připojeni kdekoliv na světě včetně hůře dostupných oblastí v rozvojových zemích. MSS je servis, který zlepšuje tuto schopnost. Je ale třeba mít speciálně konfigurovaný přístroj. MSS většinou využívá satelity na MEO a LEO (MINOLI, 2015).
* **Maritime Mobile Satellite Service (MMSS):** Toto je satelitní servis mezi mobilní pozemní satelitní stanicí a jedním či více satelitů (MINOLI, 2015).

4.5.3. Technologie používané v IFC (In-flight communications)

Dnes používáme čtyři různé technologie pro komunikaci za letu: ATG (Air to Ground), satelitní L-band (MSS) Mobile Satellite Service, satelitní Ku-band a Ka-band technologie. Všechny dnes používané technologie pro přenos internetu na palubu jsou celkem značně omezené co se rychlosti přenosu a zpoždění signálu týče. Dnešní technologie se pomalu vylepšují a za stejné náklady je možné rychlejší a stabilnější připojení, které lze využívat i pro streamování videa, což je nejnáročnější proces pro datový tok.

* **ATG (Air to Ground)** technologie používá pozemní vysílací antény pro přenos signálu do letadla. Tato technologie je omezená prostorem, ale je mnohem levnější než technologie využívající satelitní přenos, a tím jsou také komunikační služby poskytovány koncovým odběratelům za nižší ceny. Tato technologie se dnes využívá především nad Severní Amerikou a hlavním poskytovatelem služeb je Gogo. Nad Evropou a Čínou začalo pouze testování této technologie, plány pro její rozvoj zatím stále nejsou. V roce 2012 využívalo technologii ATG přes 1800 komerčních a 1300 soukromých letadel (MINOLI, 2015).

  Technologii ATG poskytují například Fludimesh Networks LLC, Cobham, Skymats nebo výše zmíněné Gogo Inflight. Podle Fludimesh Networks LLC je technologie nazývána Broadband Direct Air to Ground Communication

(DA2GC), kdy pozemní vysílací stanice jsou spojeny s přijímačem dat v leatdle, který je umístěn ve spodní části trupu letadla. Kapacita přenosu je až 100 Mbit/s při letu ve výčce 45 000 ft. Přijatý signál se pak dále v letadle distribuuje pomocí Wi-Fi. Pozemní stanice Fludimesh networks jsou menší než klasické vysílače pro mobilní sítě a tím jsou jednodušší na instalaci podél letových cest. Jedna stanice je instalována každých 50 - 100 km a je vybavena následně:

- antény pro sledování letícího objektu
- řízení antény pro ovládání směru vysílání
- přijímač signálu propojený s danou anténou
- MODEM propojený s přijímačem
- a pozemní router pro připojení k internetu
- prostředek na časovou separaci dat přijatých od letícího objektu a dat pro kontrolu a ovládání antény

Fludimesh DA2GC technologie splňuje aktuální požadavky European directives a operuje v pásmu 5855-5875 MHz, které je specifikováno v *ETSI TR 101 599 v1.1.3.2012-09 „System Reference Document on Broadband Direct Air to Ground Communications System employing beam forming antennas, operation in the 2,4 GHz and 5,8 GHz bands“* a také v *„Electronic Communications Committee ECC Report 214.* Fludimesh pozemní stanice operují na frekvenci 5,8 GHz a jsou schopny pokrýt velký rozsah letových cest, díky využití technologie, která ve stejném časovém okamžiku používá několik antén a patentovanou technologii plynulého rychlého přenosu, vycházející z protokolu MPLS. Pasažér tak může využívat plynulý a nepřerušovaný přístup k internetu (FLUDIMESH, 2016).

* **MSS-based** technologie využívající L-pásmo (1525-1559 / 1626.5-1660.5 MHz) byla první využívaná satelitní technologie pro komunikaci za letu (IFC). MSS poskytuje globální pokrytí a ze začátku byla směrována na komunikaci do kokpitu pro soukromá a armádní letadla. Později se technologie začala využívat i pro pasažéry. Dnes se MSS nejvíce využívá pro soukromá letadla. Největšími poskytovateli v rámci infrastruktury jsou Inmarsat a Iridium, oba poskytují i koncovou službu ke konkrétnímu uživateli (MINOLI, 2015).

Satelitní systém Iridium se skládá z konstelace 66 satelitů, které jsou v šesti rovinách. V jedné orbitě s inklinací 86,4°je jedenáct satelitů. Tyto orbity

umožňují plné pokrytí Země včetně polárních oblastí, které nejsou pokryty geostacionárními satelity. Satelity Iridium využívají frekvenční pásmo L-band pro komunikaci s uživatelem. Systém využívá i pozemní segment, především pro kontrolní aplikace a sledování vzdušného segmentu. Kontrolní aplikace se skládají především ze 4 stanic pro sledování telemetrie a řízení (TTAC – telemetry tracking and command and control), dále pak ze satelitního operačního centra (SNOC – sattellite operation network centre) a z operačního support centra. Satelity iridium jsou kromě s pozemním segmentem propojeny i dalšími 4 satelity v konstelaci. Se dvěma ve stejné orbitě a dvěma v orbitě sousední. Tím je zajištěno, že síť bude fungovat i přes výpadek stanic pozemních nebo je možné poskytovat přenos i tam kde se pozemní stanice z jakýchkoliv důvodů nedají vystavět, a také se snižují náklady na provoz, jelikož každá pozemní stanice musí být nějakým způsobem řízena a udržována (LTD, 2016).

* **Ku-band** technologie reprezentují třetí vlnu rozvoje IFC: Tento servis má většinou regionální pokrytí a tím je i větší počet poskytovatelů služeb. Pokrytí převládá na severní polokouli. Pokrývá Severoatlantský koridor, Spojené Státy, Evropu, část Asie a Střední Východ. První příklad operátora je ViaSat's Yonder, který poskytuje připojení do soukromých letadel s vysokým pokrytím přes Atlantský oceán a Pacifik, dále nad Severní Americkou, Evropou, Východní Asií a Středním Východem. Dalším příkladem je Row 44, který se zaměřuje na připojení pro letadla s úzkým tělem (Narrow Body Aircraft) obsluhující Severoamerické a Evropské koridory (MINOLI, 2015).

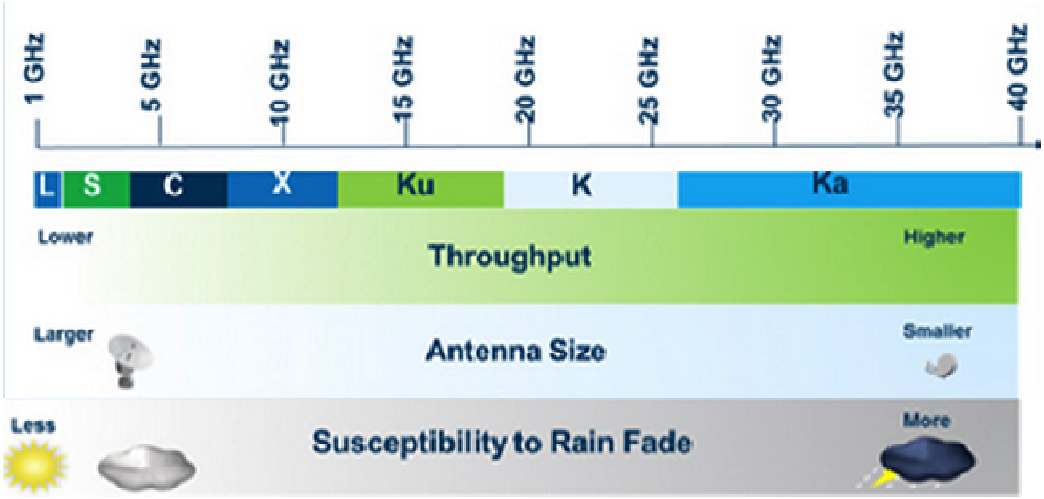
  Ku-band se používá pro systémy FSS (fixed satellite service) a BSS (broadcast satellite service) a také pro některé specifické systémy NASA jako je TDRS (Tracking and Data Relay System), systém pro trekování dat z raketoplánů nebo mezinárodních vesmírných stanic.

  Nebýhody používání Ku-pásma jsou například při využívání frekvencí nad 10 GHz v dešťových oblastech. Déšť působí na signál o této frekvenci negativně a velmi ho oslabuje. Signál je možné zesílit, ale zvýší se tím náklady. Další problém vytváří sníh, kdy se na anténě vytvoří ledová vrstva a signál se opět zeslabuje.

* **Ka-band** je nově vyvíjející se technologie, využívající především HTS (High-Throughput Satellite). Tato technologie nabízí využití většího vlnového rozsahu a použití menších antén. Na Ka-band technologii již přechází několik operátorů. Například Eutelsat, ViaSat a Inmarsat již vypustili nové satelity s touto

technologií, aby navýšili kapacity pro připojení na nejzatíženějších leteckých koridorech (MINOLI, 2015).

Díky využívání mnohem menší technologie pro přenos v pásmu Ka, je tato technologie z finančního hlediska zatím jedna z nejvýhodnějších. Na obrázku č.8 je možné porovnat frekvenční pásma využívaná v satelitní komunikaci podle jejich vlastností, jako je velikost antény, odolnost okolním vlivům (počasí) a výkonnost.



Obrázek 8: Porovnání frekvenčních pásem a jejich vlastností (SKYWARETECHNOLOGIES, 2015)

Na obrázku je vidět srovnání jednotlivých typů frekvenčních pásem podle jejich závislosti na počasí, velikosti antény a výkonu vyzařování. Obecně tedy platí, že čím vyšší frekvence, tím vyšší výkon a potřeba menší antény, tím ale se daný signál hůře popasuje s odolností vůči venkovním vlivům, které jej mohou oslabit.

5. GSM sítě

GSM, zpočátku zkratka pro Group Special Mobile, společnost, která měla za úkol vyvinout nový digitální standard, je dnes používána pro označení Global System for Mobile Communications. V doslovném překladu jako globální systém pro mobilní komunikaci. Účelem GSM bylo vytvoření digitálního buněčného systému, kdy roaming po celém světě bude nepřerušovaný, plynulý a se souběžným využitím dalších vyspělých systémů. Výhody GSM oproti staré analogové síti jsou:

Možnost mezinárodního roamingu

rozlišení, identifikace uživatele zařízení

zvýšená kvalita přenosu hlasu

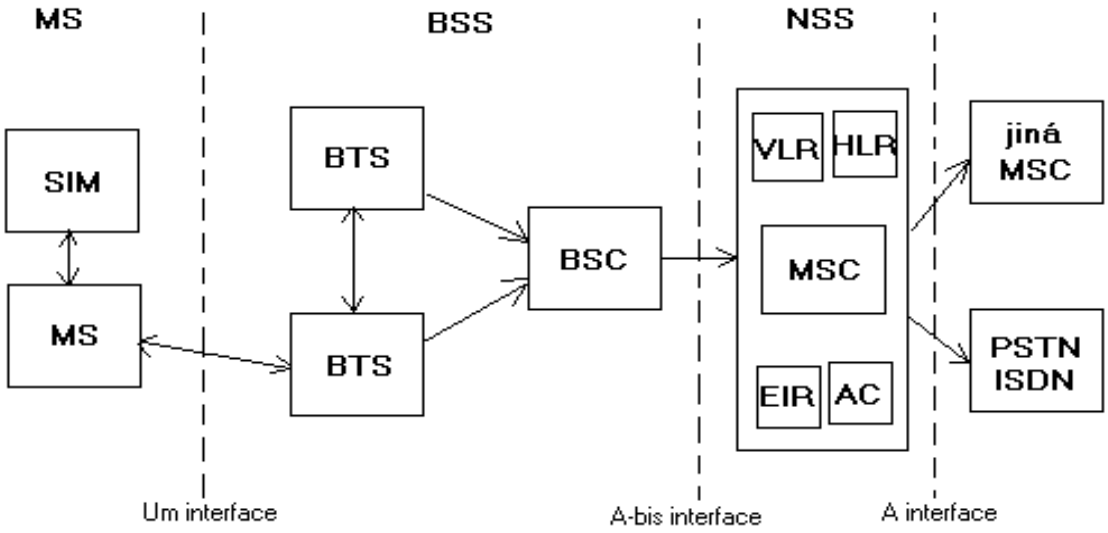
zvýšení zabezpečení přenosu

další servis (například SMS)

Na světě je několik variant užívání GSM. Hlavním rozdílem je frekvenční pásmo. Například na americkém kontinentě je GSM využíván v pásmu PCS (Personal Communication Service) o frekvenci 1900 MHz a je nazýván PCS-1900. V Evropě je používáno standardní 900 MHz pásmo, případně 1800 MHz, nazývané DCS-1800 (MICELI, 2003).

5.1 GSM architektura

GSM síť je rozdělena do tří hlavních částí. Mobilní stanice (MS) a základnová stanice (BTS), které mezi sebou udržují radiové spojení. Subsystém základnových stanic (BSS) a síťový spínací podsystém (NSS), který zajišťuje spojení mezi jednotlivými uživateli, a také uživateli jiných telekomunikačních sítí (MICELI, 2003).



Obrázek 9: GSM architektura (HW server, 2016)

1. Mobilní stanice

   Obsahuje plně duplexní vysílač, displej, digitální signálový procesor (DSP) a smart SIM kartu. SIM karta obsahuje informace o uživateli, uložená telefonní čísla, SMS zprávy a další informace, které umožní uživateli připojit se do GSM sítě. SIM karta lze použít v každém mobilním telefonu, kromě těch, které si operátor zablokoval jenom na svou síť. Mobilní telefon je identifikován stejně jako SIM karta IMEI/IMSI (Inernational Mobile Equipment/Subscriber Identity). Jde především o ochranu telefonu, kdy po odcizení je možné zablokovat přístup přes zařízení nebo SIM kartu na mobilní síť (HW server, 2016).

2. Systém základnových stanic (BSS)

   Tento systém tvoří základnové stanice BTS (Base Transceiver Station) a základnová řídící jednotka BSC (Base Station Controller). Systém BSS řídí pomocí radioreleových spojů jednu nebo více BTS stanic, zajišťuje přidělování radiových kanálů i dynamické přidělování kanálů během komunikace a předávádní hovorů mezi BTS, když se koncový uživatel pohybuje. BSC vytváří komunikační spojnici mezi MS a MSC a překládá 13kbps hlasový kanál do standardního 64kbps kanálu (PSTN, ISDN) (HW server, 2016).

3. Síťový podsystém NSS

   Pod NSS spadají systémy jako *Mobilní spínací ústředna* (MSC – Mobile Switching Center), která zajišťuje registraci v síti, ověření, směrování hovorů, roaming, lokalizaci v síti a spojení mezi pevnou sítí. Dalšími systémy jsou *Domovský lokační registr* (HLR – Home Location Register), který uchovává všechny informace o účastnících dané domovské oblasti HLR. Především informace o předplacených službách. Na jednu GSM síť je pouze jedna HLR.

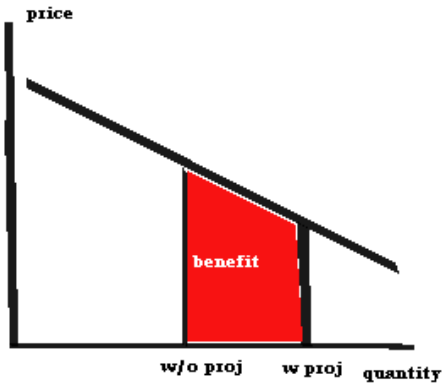
Návštěvnický lokační registr (VLR - Visitor Loaction Register), který obsahuje dané informace z HLR nezbytné pro řízení hovorů mobilních stanic, které se právě pohybují v dané geografické oblasti spravované danou MSC. *Registr mobilních stanic* (EIR - Equipment Identity Register) je databáze, která obsahuje seznam všech platných mobilních telefonů celé sítě, kde je každý účastník identifikován pomocí IMEI čísla. Posledním systémem v NSS je *Autentifikační centrum* (AuC - Authentification Center). AuC je chráněná databáze, která obsahuje kopii tajných klíčů, která jsou uložena na SIM kartě a které se používají při přihlášení do sítě.

6. Přenos internetu na palubu letadla

V kapitolách výše již byly rozepsány dva druhy připojení k internetu. Připojení pomocí satelitu nebo pomocí sítě pozemních antén. V této kapitole se věnuji jejich hlavním rozdílům, především nákladů. Aby mohly letecké společnosti nabízet během svých letů připojení k internetu zdarma a neprojevilo se to významně na ceně letenek, musí i ony získávat připojení od poskytovatelů za co nejnižší ceny. Tím i daný poskytovatel potřebuje tyto služby provozovat za co nejmenší náklady. Chci zde pomocí cost benefit analýzy porovnat tři různé metody dodávky internetu na palubu letadla.

6.1 Cost Benefit analýza

Cost benefit analýza, neboli analýza nákladů a přínosů, je nástroj pro hodnocení projektů. Obvykle se používá zkratka CBA (Cost-Benefit Analysis). Analýza obvykle porovnává výhody (benefity), které vyjadřují jakýkoliv pozitivní efekt, co se nákladů týče, a újmy, které projekt, nejčastěji investici, postihují negativně. Podstatou analýzy je vyhodnocení dopadů projektu, investice, na zainteresované subjekty, vyčíslení daných efektů a dále jejich převedení na společnou číselnou, nejlépe finanční, jednotku.



Obrázek 10: CBA (UNIVERSITY, n.d.)

V rámci mé práce porovnávám jednotlivé metody, jak poskytnout leteckým společnostem internet na palubu letadla, z pohledu ceny, kterou si za tyto služby účtují operátoři, či majitelé telekomunikačních infrastruktur. Letecká společnost je až koncový uživatel daných služeb a produkt získává přes operátora, jako jsou například mobilní operátoři O2, T-mobile a další. V Německu je jedním z hlavních operátorů poskytující internetové služby pro letecké dopravce Deutsche Telekom, ve Francii je předním operátorem Panasonic Avionics a všechny tyto společnosti si dále kupují služby od vlastníků infrastruktury jako je například Inmarsat nebo Iridium.

6.2 Vystavení pozemní sítě antén

Jak funguje přenos signálu na palubu letadla z pozemní sítě antén, je popsáno v kapitole 3.5.3. Zde se zabývám tím, kolik by stálo vytvořit zcela novou síť pozemních antén nad regionem střední Evropy. Jako výchozí informaci potřebuji znát velikost regionu, na kterém bude plánováno pokrytí signálem. Ze zeměpisného hlediska je definování střední Evropy velmi flexibilní. Pro účel této práce stejně jako je uvedeno v mnoha zdrojích, definuji střední Evropu rozlohou těchto států: Německo, Švýcarsko, Rakousko, Lichtenštejnsko, Slovinsko, Polsko, Slovensko, Maďarsko a Česká Republika. Po jednoduchém sečtení rozlohy (viz. tabulka č.4) všech uvedených států, bude rozloha tohoto regionu $1\,036\,237\ km^2$.

Stát	**Rozloha [km^2]**
Německo	357 023
Švýcarsko	41 285
Rakousko	83 879
Lichtenštejnsko	160
Slovinsko	20 273
Polsko	312 679
Slovensko	49 036
Maďarsko	93 036
Česká Republika	78 866

Tabulka 4: Rozloha států střední Evropy

Geografické ohraničení území střední Evropy je zde názorně ukázáno na obrázku č.11.

Obrázek 11: Střední Evropa (Wikipedia, 2016)

Mobilní síť je tvořena jednotlivými buňkami od makrobuněk po mikrobuňky, kde jednu buňku má v pokrytí jedna BTS (Base Transciever Station). Záleží pak již na velikosti území, které chceme pokrýt a jakou anténu použijeme. Jelikož je do budoucna počítáno s provozem letecké dopravy bez určených letových cest, bude nutné pokrytí celoplošně pomocí všesměrových antén. Pro účely letecké dopravy a vysílání signálu pouze směrem nahoru bychom území mohli rozdělit na makrobuňky. Ty jsou pokryty všesměrovými anténami o dosahu 30 km, tím velmi zjednodušeně určíme, kolik by bylo třeba antén na pokrytí střední Evropy. S poloměrem 30 km určíme plochu, kterou je jedna BTS schopná obsloužit a následně dáme do poměru vypočtenou rozlohu celého regionu s obslužnou plochou antény na BTS.

$$r = 30\ km$$

$$S_{BTS} = \pi \cdot r^2 = 3{,}14 \cdot 30^2 = 2826\ km^2$$

$$n = \frac{1036237}{2826} \cong 367\ \text{BTS stanic}$$

Na středoevropský region by podle výpočtu bylo nutno použít 367 BTS stanic. Ceny za vybavení a jeho instalaci na jednu BTS stanici se podle některých zdrojů pohybují kolem 50 000 $ (WIRELESS ESTIMATOR, 2016) bez daného software, podle dalších zdrojů může být cena mezi 150 000 $ a 750 000$ (CAUBLE, 2016) v závislosti

na daném úkolu té stanice. Tato cena by však měla zahrnovat i náklady na údržbu stanice, tedy i výplaty techniků. V celkovém souhrnu by tak celoevropská síť BTS antén mohla stát až 55 050 000 $. Tato cena by mohla býti konečná za výstavbu všech BTS stanic, jejich softwarové vybavení a dále jejich následnou údržbu.

Jako neoficiálně potvrzenou informaci je možno uvést cenu za výstavbu pozemní sítě antén v České Republice podél prvního železničního koridoru. Podle na internetu vyhledaného dokumentu byla cena pro 200 km pokryté trasy vyčíslena na 600 000 000 Kč (SŽDC, 2014)

6.2 Využití již existujícího satelitu (koupě frekvenčního pásma)

Dalším způsobem, jak by mohly letecké aerolinky dostat internet do letadla, je využití již existující satelitní sítě. Umělých družic je již ve vesmíru nepřeberné množství, a jak je již výše zmiňováno, na světě existuje několik vlastníků satelitů, poskytujících komunikační služby. Například Inmarsat, Iridium Satellite, GlobalStar, Thuraya a další. Tyto společnosti poskytují servisním operátorům možnost využití své infrastruktury. Napířklad Inmarsat umožňuje společnosti OnAir využít jejich satelity a vysílat v L pásmu.

Cenová struktura satelitní sítě se odvíjí od několika parametrů. Do ceny je nutno zahrnout vybavení, topologii sítě, satelitní šířku pásma a další služby jako licencování, instalaci, údržbu, mezinárodní převoz vybavení apod. Cena za vybavení se odvíjí od velikosti použité antény, velikosti BUC (block upconverter) a schopnosti modemu. Topologie sítě se dělí na dva typy a to na hvězdovitou síť nebo mřížkovou síť. Cena za satelitní šířku pásma se odvíjí od výkonnosti satelitu, typu pokrytí (globální, hemisférické, zonální nebo spot beam).

V této kapitole řeším získání internetu na palubu letadla pomocí již existující sítě satelitů, což znamená, že ceny k porovnávání pro nás budou stěžejní jenom za satelitní šířku pásma a další služby. Není třeba již zahrnovat cenu za vybavení (satelit jako takový) nebo topologii sítě.

Nejrozšířenějším satelitním internetem na světě je produkt SurfBeam od společnosti ViaSat, který je v Evropě distribuovaný společností Skylogic (dceřiná firma satelitního operátora Eutelsat) pod obchodním názvem Tooway. Pomocí KA-SAT je možné dosahovat downlinku až 10 Mbit/s a uplinku až 1024 kbit/s. Na světě existuje již několik velikých sítí s touto službou, liší se jen obchodními názvy. Například:

- WildBlue Communications - USA
- Eutelsat Tooway - Evropa

- Telesat - Kanada
- Intelsat/Orbit Communications - Střední Východ
- Pegaso Banda Ancha - Mexiko
- Smart Digital Networks - Malajsie
- Yahsat YahClick - SAE
- BBSat SkyPerfect – Japonsko

V následující tabulce jsou uvedeny ceny za internet u jednotlivých produktů včetně TooWay satelitního internetu:

poskytovatel	služba	uplink	downlink	FAP/FUP MB nebo agregace	měsíčně	zařízení	aktivace	přepočet měsíční ceny s investicí na 36 měs.
INTV TooWayTM inTernet Ka-band	Basic	384	3584	1200	768	14 280	910	1 190 Kč
	Bronz	384	3584	2000	1 344	14 280	910	1 766 Kč
	Silver	384	3584	3000	1 848	14 280	910	2 270 Kč
	Gold	384	3584	6000	3 444	14 280	910	3 866 Kč
INTV TooWayTM inTernet Ku-band	Basic	384	3584	2400	768	10 680	1 910	1 118 Kč
	Bronz	384	3584	4000	1 344	10 680	1 910	1 694 Kč
	Silver	384	3584	6000	1 848	10 680	1 910	2 198 Kč
	Gold	384	3584	12000	3 444	10 680	1 910	3 794 Kč
Skylink Astra2connect	A	64	256	500	650	12 400	2 100	1 053 Kč
	B	96	512	800	950	12 400	2 100	1 353 Kč
	C	128	1024	1400	1 350	12 400	2 100	1 753 Kč
	D	128	2048	2240	2 200	12 400	2 100	2 603 Kč
INTV Space inTernet	Bronze	128	512	1:40	4 080			4 080 Kč
	Optimal	512	2048	1000	1 632			1 632 Kč
	Optimal	512	2048	2000	2 664			2 664 Kč
	Optimal	512	2048	4000	4 728			4 728 Kč
GiTySAT Internet		128	128	2400	2 992			2 992 Kč
		64	256	3000	2 996			2 996 Kč
		128	512	6000	3 821			3 821 Kč
		128	1024	10800	4 925			4 925 Kč
INTV D-Star	Discovery	128	512	1:40	5 200	36 000		6 200 Kč
	Coliseum	512	1024	1:40	8 500	36 000		9 500 Kč
	Premium	1024	2048	1:40	16 000	36 000		17 000 Kč

Obrázek 12: Srovnávací tabulka nabídky satelitního internetu (podle informací na webových stránkách poskytovatelů) (PARABOLA.CZ, 2010)

Dalším poskytovatelem satelitního internetu je společnost VSAT Systems, která na svých oficiálních stránkách uvádí ceny za satelitní internet následující:

Platinum III Service Plans						
Service Plan Monthly Price	$149.00	$199.00	$249.00	$399.00	$499.00	$999.00
MaxIR (down/up)	2.5M/384k	2.5M/512k	3.0M/640k	4.0M/768k	4.5M/1.02M	6.09M/1.5M
CIR (down/up)	512k/128k	640k/256k	768k/384k	1.02M/512k	1.5M/640k	2.04M/768k
Static IP Address	Included	Included	Included	Included	Included	Included
Throughput allowance (down/up)	1GB	2GB	3GB	5GB (4/1)	7.5GB (6/1.5)	15GB (12/3)
Overage/MB (down/up)	$0.15/MB	$0.15/MB	$0.15/MB	$0.10/$0.15	$0.10/$0.15	$0.10/$0.15

Gold III Service Plans						
Service Plan Monthly Price	$149.00	$199.00	$249.00	$399.00	$499.00	$999.00
MaxIR (down/up)	1.5M/256k	1.5M/256k	2.04M/384k	2.5M/512k	2.5M/640k	2.5M/768k
CIR (down/up)	256k/64k	320k/96k	384k/128k	512k/160k	512k/192k	640k/256k
Static IP Address	Included	Included	Included	Included	Included	Included
Throughput allowance (down/up)	2 GB	4 GB	6 GB	10GB (8/2)	15GB (12/3)	30GB (24/6)
Overage/MB (down/up)	$0.10/MB	$0.10/MB	$0.10/MB	$0.10/MB	$0.10/MB	$0.10/MB

6.3 Vytvoření nového satelitu

Poslední, třetí, možností, kterou lze porovnat se dvěma předchozími je výstavba a vypuštění vlastního geostacionárního satelitu, některou leteckou společností. Tato možnost by přicházela v úvahu, že si nějaký silný letecký dopravce nechce kupovat komunikační služby od stávajících vlastníků satelitní infrastruktury, ale chtěl by si vytvořit síť vlastní nezávislou síť.

6.3.1.Cost estimation of satellite systems: (Cenové ohodnocení satelitních systémů)

Cenové ohodnocení nebo odhad nákladů na novou síť satelitů a celého satelitního systému se provádí pomocí takzvané Cost Estimating Relationships (CERs). Existují tři metody odhadování. Detailní „bottoms-up“ (odspoda nahoru) metoda je nejpřesnější v určování nákladů za projekt, lze jí však použít až v konečné fázi projektu, jelikož je třeba detailně určit náklady za všechny učiněné kroky a také je časově nejnáročnější. Druhou metodou je analogický odhad, který lze použít v jakémkoliv stupni vývoje, je však nevhodný pro obchodní studie protože nevyužívá celkový pohled na projekt. Parametrický odhad nákladů je založen právě na metodě CER, která ve volném překladu to znamená odhad nákladů na základě vztahů určitých pojmů.

CER je předpovídání nákladů na základě daného algoritmu a sesbíraných statistických údajů z minulosti. Například na základě dat z předchozí mise, kdy známe náklady za předešlý design satelitu nebo sítě, nebo náklady za předchozí konfigurace. CER dohromady spojuje, na sobě závislé proměnné jako jsou finance (měna), práce a hodiny, s nezávislými proměnnými jako je váha vybavení, komplexnost vybavení, množství kódů nebo i čas. CER je nejvhodnější metoda pro určování nákladů pro obchodní studie (D.B, 2014).

V rámci satelitních systémů se do celkových nákladů budou započítávat tři hlavní skupiny, z nichž jedna bude zabírat větší procento, proto ji rozepíši detailněji. Hlavními skupinami pro odhad nákladů na satelitní síť jsou:

- DDT&E = Design, Development, Test & Evaluation (design, vývoj, testování, ohodnocení)
- Production (produkce, výroba)
- O&M = Operation and Maintenance (Provoz a údržba)

Z hlediska nákladů je nejdůležitější skupina designu, vývoje, testování a ohodnocení. V této skupině je definovaná vesmírná mise a architektura vybavení a sítě. DDT&E se dělí na:

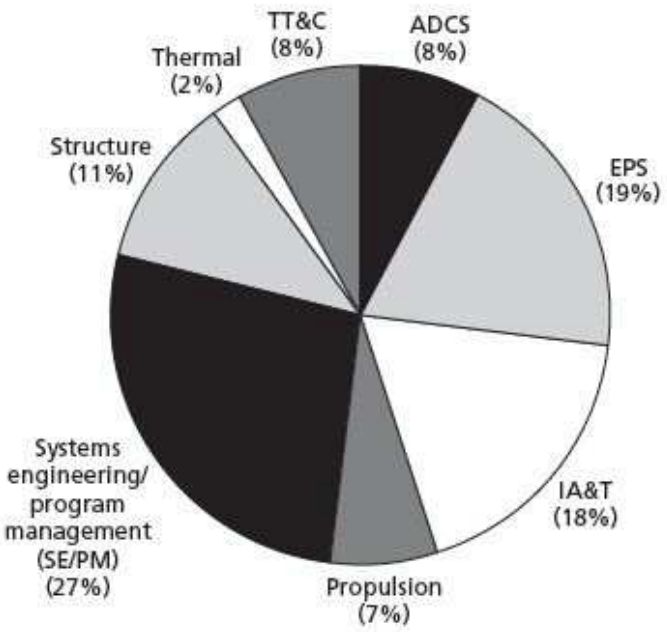
- Program costs (náklady na program):
    - Management
    - SE&I (Systems Engineering and Integration)
- Spacecraft segment (vesmírný segment):
    - varianta A: úroveň systémů, Payload (nesený náklad), který je nutné integrovat, sestavit a testovat, a Spacecraft Bus, u kterého je taktéž nutná integrace, sestavení a testování.
    - varianta B… až Z
- Launch segment – segment pro vynesení satelitu do vesmíru
    - raketa – prvotním úkolem je vynesení satelitu do vesmíru na přesně určené místo odkud bude operovat, z hlediska nákladů je počítáno s vývojem rakety, jejího propulsního systému, operačního a kontrolního střediska a dalších systémů pro její operaci
    - operační středisko – z hlediska nákladů je potřeba pro fungování operačního střediska určité vybavení (hardaware) a také software
- Pozemní segment:

    - budovy a vybavení, jako kanceláře pro engineering nebo zázemí pro řídící a kontrolní střediska
    - software do všech složek od vývoje až po řízení
    - logistika – oddělení pro optimalizaci průběhu projektu
    - management – řízení projektu
    - systems engineering a integrace
- Provoz a údržba:
    - školení zaměstnanců
    - údržba
    - náhradní díly
    - řízení mise
    - velící středisko
    - komunikační středisko
    - kontrolní středisko (D.B, 2014)

Fáze ohodnocení nákladů		
Vývoj	**Produkce**	**Provoz**
Design	Výroba komponent	Probíhající operace
Analýza	Sestavení jednotek	Údržba
Testy	Launch	S/C výměna
		S/W update
		Konec života
Nevratné náklady	**Vratné náklady**	**Vratné náklady**

6.3.2. RAND studie nákladů na satelit

Na následujícím obrázku je vidět procentuální rozložení celkových nákladů na satelit podle studie RAND Air Force s podobným rozdělením jaké je zmíněno výše:



Obrázek 13: Rozložení nákladů na satelit (RAND, 2008)

ADCS (Attitude Determination and Control) – systém pro udržení satelitu na dané orbitě a v dané pozici, tak aby jeho funkce zůstala zachována. Existuje několik různých systémů, jejichž použití na daném satelitu se liší od požadovaných mechanizmů a funkcí. Vybírá se podle funkce samotného satelitu, jeho životnosti, orientace a požadavků na přesnost váhu, spolehlivost a směr vysílání. Systémů je celá řada, například sluneční sensor, magnetometr, GPS přijímač nebo inerciální měřící soustava. Tyto všechny systémy se zahrnou do nákladů na provoz satelitu (RAND, 2008).

EPS (Electrical Power Subsystem) – elektrický systém generuje a distribuuje elektrickou energii skrze satelit a umožňuje jeho provoz stejně jako provoz payloadu (neseného nákladu na satelitu). Nejpoužívanější jsou fotovoltaické články, které jsou zdrojem elektrické energie a zdrojem pro nabíjení baterií, používají se také termodynamické nukleární nebo palivové články. Cena EPS se odvíjí od velikosti dodané energie a životnosti těchto zařízení (RAND, 2008).

IA&T (Integration, Assembly and Test) – integrace, sestavení a testování zahrnuje instalaci všech satelitních podsystémů včetně payloadu a také jejich výkon. V nákladech jsou zahrnuty vývojové plány a procesy, které umožňují danou montáž systémů, dále veškeré nástroje, které jsou pro integraci, sestavení a testování potřebné. Například nářadí, testovací buňky, software nebo i lidská síla. Testování je potřebné pro ověření systémů, jestli splňují určité požadavky a také aby se zabránilo zbytečných výdajům při samotné operaci, které by byly navíc a nežádoucí (RAND, 2008).

Propulsion – propulsní systémy jsou děleny na subsystémy podle jejich funkce. Jsou propulsní systémy pro udržování orbity, pozice a natočení satelitu a jsou systémy pro „launch“ vypuštění rakety. Největší část nákladů zahrnuje zážeh a operace přímo ještě na odpalovací rampě. Zbytek zahrnují operace manévrování po vypuštění, pozemní vybavení pro vypuštění, sklady paliva, operační střediska, náhradní díly a opravované části (RAND, 2008).

SEPM (Systems Engineering Program Management) – SEPM zahrnují náklady na úrovni programu. To znamená, že je zde zahrnut program management, spolehlivost programu, analýzy systémů, plánování, ověřování kvality a další náklady, které není možné dělit zvlášť (RAND, 2008).

Struktura – struktura satelitu má především nosnou a ochrannou funkci pro payload a vybavení, které satelit nese. Struktura je primární nebo sekundární, kdy primární struktura satelitu je většinou jednoduchý válcovitý nebo kuželovitý box s připnutým externím vybavením. Slouží jako centrální rozhraní pro upínání neseného vybavení. Sekundární struktura jsou většinou ostatní mechanismy satelitu, jako pyrotechnická zařízení nebo solární panely a jeden bez druhého nemůže fungovat. Z hlediska nákladů je struktura satelitu jednoduše vyhodnocena jako potřebný hardware (RAND, 2008).

Termální kontrola – udržuje teplotu satelitu a vybavení, tak aby byla zachovaná jeho správná funkce. Termální kontrola je dvojího typu, pasivní a aktivní. Pasivní kontrola teploty spočívá v používání speciálních potěrů materiálů, dvojvrstvých zrcadel, postříbřených teflonových pokrývek a pásek. Používá se na povrchy vybavení. Aktivní kontrolou se rozumí uzavřené tekuté smyčky, výlevky postradatelného tepla nebo mechanické ochlazování. Z hlediska ceny za termální kontrolu se porovnávají parametry mezi danými typy a vyhodnocuje se poměr cena, výkon a nutnost daného vybavení (RAND, 2008).

TT&C (Telemetry, Tracking and Command subsystem) - všechny satelity musí být vybaveny TT&C. Bez tohoto systému by byly veškeré mise satelitů úplně zbytečné. Systém se používá pro odesílání dat na zemi. A to jak dat dané mise, tak dat telemetrie satelitu, to znamená, zda je satelit zdráv a v jaké je kondici on i jeho payload. Vysílaná data jsou informace o daném tlaku, teplotě, průtočném množství, elektrickém napětí apod. Sledování satelitu zahrnuje jeho specifickou lokaci v prostoru a čase. Vzájemná komunikace satelitu umožňuje nejen jeho sledování ale i řízení díky posílání daných rozkazů. TT&C subsystémy mohou být rozděleny do třech základních podskupin odvíjejících se od mise satelitu. Na nákladech se TT&C projevuje jako daný hardware použitý na satelitu a jakékoliv služby mimo hardware jsou zahrnuty v USCM (United States Conference of Mayors) definici (RAND, 2008).

Z obrázku je patrné, že 27% nákladů, tedy největší podíl na celém satelitu, je za system engineering a program management. Druhou největší položkou je subsystém elektrické energie (19%), který zabezpečuje, aby satelit byl vůbec provozuschopný. Třetí je integrace, sestavení a testování (18%) a až na čtvrtém místě je struktura satelitu neboli hardware s 11%.

6.3.3. Aktuální ceníky jednotlivých společností

Podle na internetu dostupných údajů se ceny budou pohybovat v řádu milionů amerických dolarů. Jak bylo zmíněno výše, tak cenová struktura satelitní sítě se odvíjí od několika daných parametrů jako je vybavení, topologie sítě a satelitní šířka pásma a také další služby jako licencování, instalace, údržba, mezinárodní převoz vybavení apod. Pro účely tohoto typu získání internetu na palubu letadla budeme počítat s cenou za všechny tyto kategorie. Ceny se u jednotlivých společností liší.

V následující tabulce je příklad ceny pouze za servis od Intelsatu vyjma cen za vynesení satelitu na orbitu a cen za celkový projekt (INTELSAT, 2015):

	Typ servisu 1	Typ servisu 2
Průchodnost sítě	10x1 Mbps	10x1 Mbps
Efektivita	1,6 bps/Hz	2,8 bps/Hz
Požadovaná šířka pásma	6,25 MHz	3,57 MHz
Cena $/MHz	2 000 $/MHz	2 500 $/MHz
Šířka pásma MRC (Monthly Recurring Cost)	12 500 $/měsíc	8 929 $/měsíc

Investice do vybavení	100 000 $	180 000 $
Délka smlouvy	36 měsíců	36 měsíců
Celkové náklady za vlastnictví	**550 000 $**	**501 429 $**
Parametry vybavení	Entry-level modemy Modcod 8PSK ¾ Roll.off faktor 40%	Pokročilé modemy s technologií Carrier Cancellation Technique a ACM Modcod QPSK 7/8) Roll-off faktor 25%
Výkonnost satelitu	C-band globálně na nízké EIRP	C-band zonálně na vysoké EIRP

Podle dalších zdrojů jsou ceny za satelity následující (SATELLITETODAY, 2016):

	ViaSat 2	ViaSat 1
Výkonnost satelitu	Ka-band spot beam	Ka-band spot beam
Kapacita	350 Gbps	140 Gbps
Plánované celkové náklady	**625 000 000 $**	**>400 000 000 $**
Investice do vybavení	358 000 000 $	246 000 000 $
Launch	Ariane 5 ($165-220mil)	

Na webových stránkách těchto daných společností bylo možné nalézt ceny za vynesení satelitu na orbitu. V konkurenčním boji zatím jasně vede společnost Space X, kdy její raketa Falcon 9 je schopna vynést náklad 5,5 tun za nejnižší cenu 62 milionů amerických dolarů. Cena se s hmotností nákladu rapidně zvyšuje. Konkurenční Arianespace jsou schopni vynést ‚pouze' 5 tun nákladu za 77 milionů amerických dolarů. Oproti společnostem Boeing a Lockheed Martin jsou jejich cenové nabídky násobně menší.

Níže je možné tyto ceny tabulkově porovnat. První tabulka ukazuje aktuální ceny, a druhá tabulka ukazuje odhadované ceny za vynesenou tunu nákladu do budoucna.

Společnost	Cena za vynesení
Space X	$62mil
Boeing a Lockheed Martin (ULA – United Launch Alliance	$225mil
Arianespace	$77mil

Company	Cost Per Ton (Medium Rocket)	Expected Cost Per Ton (Heavy Rocket)	Year Expected
ULA	$25 million to $34.5 million	$15 million to $20.7 million*	2019
Arianespace	$20 million	$12.6 million	Before 2020
SpaceX	$11.3 million	$11.2 million	November 2016

*ESTIMATED BASED ON PUBLISHED CAPABILITIES FOR ULA'S NEW VULCAN ROCKET.

Obrázek 14: Odhad ceny za vypuštění satelitu (FOOL, 2016)

6.4. Porovnání daných způsobů

V předchozích třech podkapitolách jsem popsala tři různé způsoby příjmu internetu na palubu letadla. V každé kapitole bylo přibližné určení cen za daný způsob přijímání signálu a ve výsledku mohu porovnat nalezené odhady cen.

Porovnávat způsoby budu z hlediska koncového odběratele, kterým je v tuto chvíli samotná letecká společnost. Jelikož je struktura poskytování internetového připojení nastavena v několika vrstvách, tak letecká společnost jako koncový uživatel kupuje internetové služby od telekomunikačních poskytovatelů a ti je musí zajistit u majitelů satelitní infrastruktury.

Jako nejdražší způsob vychází z pohledu leteckých společností vystavení si úplně nové satelitní sítě a zařadit se tím pádem mezi poskytovatele infrastruktury. Tento způsob je zcela nemyslitelný, jelikož ceny za nový satelit, jeho vypuštění a celkový provoz sítě se pohybují v řádu stovek milionů amerických dolarů. Není v silách leteckých společností mít takovýto způsob příjmu signálu na palubu svých letadel. Je tedy jasné, že struktura, kdy si dopravce bude služby kupovat od jiného poskytovatele, bude zachována. Není totiž ani možné, aby si letecká společnost nechala vystavět svou vlastní síť pozemních antén, ze kterých by mohla přijímat signál. Tento způsob je také velmi drahý, a i když o něco levnější než nový satelit,

tak se pořád pohybujeme v rámci milionů amerických dolarů. Jediným způsobem jak by dopravce mohl vynechat telekomunikačního poskytovatele služeb je kupovat služby přímo od vlastníků satelitní struktury. Ceny se v tomto případě budou pohybovat v rámci desetitisíců amerických dolarů, které se ale ve finančních plánech rozloží na splácení po dobu několika měsíců až let, takže se provozní částka společnosti sníží a v měsíčních intervalech již je cena relativně akceptovatelná.

Způsoby vytvoření nové satelitní sítě nebo nové pozemní infrastruktury jsou vhodné spíše pro telekomunikační společnosti a poskytovatele služeb jako jsou již existující Inmarsat, Eutelsat, Intelsat, Iridium, SES, Connexion by Boeing, AeroMobile, Gogo, OnAir, Row 44, ViaSat, Thales, LiveTV, Panasonic Avionics nebo Roxkwell Collins. Hiearchický systém kdy na vrcholku jsou společnosti vlastnící satelitní nebo pozemní infrastrukturu vysílačů, pod nimi jednotlivé telekomunikační společnosti a úplně na konci letečtí dopravci nebo jiný koncový uživatel je pro dnešní dobu jediným nastaveným ekonomickým systémem, který je vyhovující všem zúčastněným stranám ať už se ceny pohybují kdekoliv. Na trhu je velká konkurence v telekomunikačním průmyslu a tím se budou ceny za připojení stále dynamicky měnit a postupem času i snižovat, jelikož technologie přenosů a technické parametry vysílačů, satelitů a veškerého vybavení se velmi rychle posouvá vpřed a je čím dál vyspělejší a modernější. Tím se cena bude vždy posouvat dolů, protože koncový uživatel bude ochoten zaplatit za připojení určitou sumu a společnosti tak budou v zisku.

7. WI-FI a letecké aerolinie

Létání je dnes nejrozšířenější osobní dopravou na dlouhé vzdálenosti a také má nastavenou určitou kvalitu poskytovaných služeb. Integrovaný systém služeb pro zábavu pasažérů na palubě IFE (In-Flight Entertainment) poskytují aerolinie již jako zavedenou standardní službu. Poslech rádia, databáze filmů a seriálů a jiné služby na integrovaných obrazovkách jsou poskytovány zdarma. Služba bezdrátového připojení k internetu (Wi-Fi) je však stále u většiny klasických dopravců za určitý poplatek. Dopravci si totiž služby připojení kupují od externích poskytovatelů jako například Deutsche Telekom, Honeywell JetWave nebo Panasonic Avionic.

7.1. Rozvedení internetu na palubě letadla

Pokud bude na palubě letadla dostupná Wi-Fi, předpokládejme, že každý pasažér bude chtít stálé a kvalitní připojení. Je tedy nutné signál správně rozvést skze celé letadlo, které může být jen pro 150 pasažérů, anebo také pro 500.

Pro rozvedení Wi-Fi v letadle je nejlepším způsobem zřízení WLAN sítě. WLAn je bezdrátová počítačová síť často používaná právě v omezených prostorech. Většina moderních sítí WLAN je založena na standardech IEEE 802.11, uváděných na trh pod Wi-Fi značkou. Architektura sítě je následující:

Stanice – stanicí se rozumí všechny komponenty, které se mohou připojit do bezdrátového média v síti, všechny jsou vybaveny bezdrátovou síťovou kartou. Bezdrátová stanice může být bezdrátovým přístupovým bodem (access pointem) anebo klientem. Bezdrátový přístupový bod je obvykle router, který vysílá nebo přijímá signály pro komunikaci s povolenými bezdrátovými zařízeními, klienty. Klientem jsou uživatelé s jejich mobilními zařízeními, jako například notebooky nebo smartphony.

Základní sada služeb – BSS (Basic Service Set) jsou všechny stanice, které komunikují mezi sebou na vrstvě PHY () a každá má svůj identifikační kód BSSID, kterým je MAC adresa daného přístupového bodu. BSS existují dva typy: Nezávislé BSS – síť ad hoc, která neobsahuje žádné přístupové body a nepřipojí se k žádné jiné základní sadě služeb.

Rozšířená sada služeb - ESS (Extended Service Set) je sada propojených základních služeb se svým identifikačním kódem SSID (Service Set Identifier) a kdy její přístupové body jsou spojeny distribučním systémem.

Distribuční systém – propojuje přístupové body rozšířené sady služeb.

7.1.1. Přehled standardů Wi-Fi

IEEE 802.11 byla původní přenosová norma pro WLAN sítě, která zabezpečuje přístup do ní. V rámci této normy bylo vyvinuto několik dalších standardů, které splňovaly požadavky nově vyvíjející se technologie. IEEE 802.11 byla nedostačující v rámci své přenosové rychlosti. Prvním novým standardem byla IEEE 802.11b, neboli „rychlé rozšíření“ původní normy, která umožňovala vyšší přenosové rychlosti v pásmu 2,4 GHz a to rychlost přenosu až 11 Mbit/s. Pro dosažení této přenosové rychlosti bylo využito a využívá se nový způsob kódování (doplňkové kódové klíčování – Complementary Code Keying CCK) v rámci DSSS na fyzické vrstvě. Podle normy je specifikováno, že podle momentálního rušení prostředím se přenosová rychlost mění dynamicky na nižší nebo vyšší: 11 Mbit/s, 5,5 Mbit/s, 2 Mbit/s nebo až 1 Mbit/s. Jelikože je maximální rychlost na fyzické vrstvě 11Mbit/s, pak reálně je užitná rychlost nižší, protože až 40% tvoří režie. Tím se uživatelská rychlost snížila na 6 Mbit/s. Tento standard má celkově 11 kanálů, jsou ale blízko sebe tak se navzájem vyrušují, proto jsou reálně nezávislé kanály pouze 3.

Standard IEEE 802.11a je norma schválená již v roce 1999, ale její implementace a vývoj trvaly déle, kvůli složitějšímu způsobu přenosu na fyzické vrstvě. IEEE 802.11a pracuje již v licenčním pásmu 5 GHz a má výrazně vyšší teoretickou rychlost. Teoretická rychlost je 54 Mbit/s a reálná je přibližně 30-36 Mbit/s. Pro dosažení této přenosové rychlosti se používán ortogonální multiplex s kmitočtovým dělením (OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiplex), který se dosud používal v systémech DAB (Digital Audio Broadcast) nebo DVB (Digital Video Broadcast). Výhoda tohoto standardu spočívá také ve využívání právě 5 GHz pásma, které je méně vytížené než pásmo 2,4 GHz a tím je možné využít více kanálů bez vzájemného rušení. Je jich možné využít až 8. Rozdílně využívané kmitočty však nedovolují vzájemnou spolupráci a využití obou standardů.

IEEE 802.11g je standard operující také v bezlicenčním pásmu 2,4 GHz. Oproti IEEE802.11b má však vyšší přenosovou rychlost až 54 Mbit/s. Tento standard je velmi podobný na 802.11b, má stejný dosah a jsou společně kompatibilní, resp. je možné je zpětně sloučit tak, že v jedné síti budou operovat klienti obou typů. Standardy se liší používáním jiné fyzické vrstvy. Zatímco 802.11b používá DSSS, 802.1h používá OFDM a tím je jí umožněna vyšší rychlost přenosu způsobem kdy se data k vysílání rozdělí do několika paralelních toků o mnohem nižší bitové rychlosti a každý z toků se používá pro modulaci jiné nosné. OFDM používá překrývající se subkanály a tím efektivněji využívá kmitočtové pásmo. Tímto způsobem paralelního vysílání je zabráněno zkreslení signálu, který je přenášen různými cestami na dílčí nosné.

Protože každý přenášený symbol trvá déle, vylučuje se nepříznivý dopad zpoždění signálu delší cestou. Díky využití více úzkopásmových nosných je i jejich vzájemné rušení menší a neovlivňuje tak velkým způsobem signál. Podporované rychlosti přenosu v tomto standardu závisí na modulaci a pro OFDM jsou 54 Mbit/s, 48 Mbit/s, 36 Mbit/s a 24 Mbit/s (16-QAM); 18 Mbit/s a 12 Mbit/s (QPSK); 9 Mbit/s a 6 Mbit/s (BPSK – Bi-Phase Shift Keying). Další rychlosti jsou v souladu s 802.11b při použití DSSS, 11 Mbit/s, 5,5 Mbit/s, 2 Mbit/s a 1Mbit/s.

7.1.2. Budoucnost sítí Wi-Fi

Jelikož pokrytí celého letadla sítí Wi-Fi je v rámci měřítek celkem velké území a tím se na danou síť připojí v jednom čase velké množství lidí, chceme, aby přenosová rychlost byla co největší a spojení co nejkvalitnější. To by měl v budoucnu zařídit vylepšený standard 802.11a/g, který bude mít vylepšenou fyzickou vrstvu OFDM rychlejším kódováním a zvýšením šířky pásma. Navýší se tak rychlost asi o 10 Mbit/s. Pro nový standard 802.11n bude dalším vylepšením podpora MIMO (Multiple In, Multiple Out) technologie, která zvýší počet datových toků a tím přenosovou rychlost. Je ale energeticky náročnější a dražší. Je možné také zdvojnásobit šířku kanálu z 20 MHz na 40 Mhz a tím tedy zdvojnásobit i rychlost přenosu. Hlavní nevýhodou tohoto způsobu je zahlcení celého pásma, kdy nezbyde místo pro ostatní zařízení. Díky těmto technologiím budou přenosové rychlosti schopny dosáhnout až 600 Mbit/s v pásmu 2,4 Ghz. Tento standard však ještě nebyl Wi-Fi aliancí schválen.

7.2. Poskytovatelé IFC (In-flight communication)

Hlavní poskytovatelé komunikačních služeb za letu se dělí do tří kategorií na satelitní operátory, servisní poskytovatele a IFE prodejce.

Kategorie	Společnost	Produkt
Infrastruktura (Satelitní operátoři)	Inmarsat	Nasazení GlobalXpress
	Eutelsat	Vypuštění satelitu KA-SAT
	Intelsat	Epic HTS, smlouva s Panasonic
	Iridium	Iridium Next
	SES	Poskytuje satelitní pásmo některým operátorům
Servis (poskytovatelé)	Connexion by Boeing	Již opustil trh
	AeroMobile	Komerční poskytovatel
	Gogo	Komerční poskytovatel
	OnAir	Komerční poskytovatel
	Row 44	Komerční poskytovatel
	ViaSat	Komerční poskytovatel
IFE (In-flight entertainment) prodejce	Thales	
	LiveTV	
	Panasonic Avionics	
	Roxkwell Collins	

7.2.1. Gogo

Společnost Gogo je jedním z nejvýznamnějších poskytovatelů komunikace za letu, především pomocí ATG technologie. V roce 1997 začala s připojováním telefonů na palubu letadel. Dnes se cestující pomocí Gogo servisu může připojit na internet na všech domácích letech aerolinek AirTran Airways a Virgin America a na vybraných letech aerolinek Air Canada, Alaska Airlines, American Airlines, Delta Airlines, Frontier Airlines, United Airlines a US Airways. Dále jsou služby využívány soukromými letadly a celkově dnes služby Gogo využívá před 6000 letadel (MINOLI, 2015).

Gogo poskytuje služby pro 3 segmenty: komerční národní leteckou dopravu, soukromou (business) leteckou dopravu a mezinárodní leteckou dopravu. Pro národní je využívaná technologie ATG, pro soukromou a mezinárodní dopravu Gogo využívá

Ku-band technologii aby doplnila stávající ATG síť a byla schopná poskytovat připojení i nad oceánem při mezinárodních letech (MINOLI, 2015).

7.2.2. ViaSat

Společnost ViaSat v posledních letech rozšířila AMSS (Aeronautical Mobile Satellite Service) sít používající Ku-band FSS a poskytuje technologii pro ESV (Earth Stations Onboard Vessels). Nabízí dvě možnosti IFC:

* Exede® In the Air pro komerční Aerolinie. Exede Internetové připojení od ViaSat je velmi odlišný servis, umožňující přenos 12 Mbps pro konečného odběratele. To umožňuje pasažérovi přístup na internet a používání mnoha aplikací, například hry.
* Yonder® In-Flight Internet pro Všeobecné letectví je další služba ViaSat pro soukromá a VIP letadla (MINOLI, 2015).

V roce 2010 společnost ViaSat podepsala smlouvu s dopravcem JetBlue, aby rozšířili první Ka-band širokopásmový přenos v komerčním letectví. Jet blue zavedla antény pro příjem na svých 170 letadlech.

7.2.3. Live TV

Live TV je ve vlastnictví JetBlue Airways, která poskytuje IFE, hlasovou komunikaci a připojení pro komerční lety. LiveTV byl první poskytovatel používající HTS Ka-band. Pro USA od společnosti ViaSat a pro Evropu od Eutelsat. První přenos od LiveTV byl uskutečněn v roce 2000 a tím je poskytovatel považován za jednoho z nejzkušenějších operátorů.

7.2.4. OnAir

OnAir je Švýcarská společnost založená na partnerství mezi Airbus a SITA. Poskytuje IFC služby v pásmu L-band pomocí Inmarsat Swift-Broadband, což je zjednodušeně vysokorychlostní přenos dat založený na IP paketovém přenosu, který poskytuje trvalé spojení „always-on“ o kapacitě až 432 kbps. V začátcích společnost poskytovala GSM servis a později i připojení na internet. OnAir obsluhuje jak komerční leteckou dopravu, tak i business jety a námořní dopravu. Je v partnerství se společnostmi jako je například Thales a má podepsané bilaterální dohody s více než 350 mobilními operátory v 80 zemích světa.

7.2.5. Row 44

Americká společnost Row 44 poskytuje své služby přes Ku-band pásmo. Poskytuje také živé vysílání a video na vyžádání. Hlavním odběratelem jejích služeb je společnost Southwest Airlines. Dnes již poskytuje služby celosvětově.

7.2.6. AeroMobile

AeroMobile je Britská společnost, která vznikla v roce 2007. Specializuje se na GSM komunikaci a hlasové a datové přenosy pro mobilní zařízení a tablety. Připojení poskytuje přes služby od Inmarsat na L-band pásmu a částečně také na Ku-band, se kterým se v budoucnu počítá víc pro další rozvoj. V roce 2012 měla velký podíl na kapitálu AeroMobile společnost Panasonic.

7.2.7. AT&T

AT&T je Americká telekomunikační společnost, která ve spolupráci s Honeywell v roce 2016 úspěšně certifikovala nový komunikační systém JetWave. Pomocí JetWave jsme schopni do letadla dostat vysokorychlostní internet. JetWave využívá 3 družice Inmarsat kterými je dostatečně pokrytá celá Země, vyjma malých oblastí v okolí pólů. Komunikace probíhá v pásmu 29,7 – 30 GHz. Downlink je 50MBit/s a uplink 12MBit/s a tato rychlost by měla stačit pasažérům na běžné cloudové služby. Hlavní součástí systému je řídicí systém, který sleduje polohu satelitu a dokáže polohovat anténu tak, aby neztratila kontakt s letícím letadlem v jakékoliv jeho poloze, včetně zatáčení a naklápění. Systém je dostupný od vzletu až po přistání. Na letištní ploše je však z bezpečnostních důvodů vypnut. Výkon 18 W při frekvenci 30GHz by mohl mít vliv na zdraví obsluhy letiště. Systém by se měl již objevovat v letadlech Bombardier společnosti Air Canda (MAFRA, 2015).

7.3. Aktuální nabídka Wi-Fi u jednotlivých dopravců

Air France

Francouzský dopravce Air France nakupuje služby připojení od Panasonic Avionic a poskytuje, na palubě některých svých letadel, připojení přes zařízení a aplikaci Bite Bird. Poplatky jsou rozděleny do různých tarifů, kdy za nejvýhodnější roční připojení zaplatí cestující 99,95 €. Připojení bez tarifu se pohybuje v cenách od 0,033€ za 1 MB do 0,025€ za 1 MB v závislosti na státu nad kterým se připojení uskutečňuje (FRANCE, 2016).

British Airways

Britský národní dopravce je jedním z dopravců, který službu Wi-Fi na palubě pomalu zavádí na své lety. Zatím ji, ale poskytují pouze pro business třídu na letech z Londýna do New Yorku (Heathrow-JFK) (GUARDIAN, 2016).

Delta Airlines

Americký dopravce Delta Airlines již poskytuje službu připojení k internetu přes aplikaci Wi-Fi pass, kdy její nákup stojí 2 USD. Poskytovatel připojení na jejich lety je GOGO flight (©2016 DELTA AIR LINES, 2016).

ČSA

U našeho národního dopravce se o bezdrátovém připojení k internetu na palubě letadel pořád jedná. V dohledné době však zavádět připojení zatím nebude.

Emirates

Aerolinie Spojených Arabských Emirátů nabízejí internetové připojení na vybraných letadlech Boeing 777. Za 10 MB připojení zákazník nic nezaplatí a stačí to na používání aplikací jako je facebook nebo emaily. Pro cestující, kteří potřebují více dat je k dispozici balíček 500 MB za poplatek 1 USD. Bohužel služba připojení není dostupná nad některými státy, včetně Číny a Indie. S těmi již ale probíhají jednání a budou uzavřeny bilaterální smlouvy (GROUP., 2016).

Korean Air

Korejský letecký dopravce služby připojení na internet zatím nenabízí na žádném ze svých letů.

Lufthansa

Německý národní dopravce nabízí připojení k internetu za 9€ (10USD, 65CNY) na jednu hodinu, za 14€ (15,50USD, 100CNY) na čtyři hodiny, a za 17€ (19USD, 125CNY) na celý let, včetně přestupů, časově však omezený na 24 hodin. Poskytovatelem připojení pro Lufthansu je Deutsche Telekom (LUFTHANSA, 2016).

Qatar

Národní dopravce Qataru poskytuje své internetové připojení přes aplikaci ORYX ONE za cenu okolo 3,67/10MB (AIRWAYS, 2016).

Jelikož na oficiálních stránkách Qatar Airways se ceny za připojení k internetu neuvádějí, uvedu zde ceny oficiálně nepotvrzené z internetových diskuzí. Ceny nalezené na internetovém fóru „travel.stackexchange.com“ jsou následující:

- Pro notebooky
  - 20MB za $10 USD
  - 50MB za $18 USD
  - Po celý čas letu za $22
- Pro mobilní telefony
  - 12MB za $5 USD
  - 5MB za $2 USD
  - 3 hodiny za $10 USD (INC., 2016)

Swiss

Švýcarský dopravce nabízí připojení k internetu pro první třídu zdarma, ale pouze v množství 50MB. Tarif za připojení pro běžného cestujícího je 8€ za 20MB, 17€ za 50MB a 35€ za 120MB (AIRLINES, 2016).

Norwegian

Norský dopravce Norwegian je zatím jediný známý evropský dopravce, který poskytuje své služby připojení k internetu zdarma (ASA, 2016).

7.4. Lze umožnit poskytování Wi-Fi služeb na palubě zdarma?

V tomto odstavci bych chtěla pouze nastínit řešení, jak by bylo možné poskytovat Wi-Fi na palubách letadel zdarma. Jak bylo již v předchozí kapitole zmíněno, model, jak přijímat signál pro internet na palubu letadla je nastavený daným způsobem a prozatím nebude možné ho nějak změnit. Vždy bude hlavním vlastníkem infrastruktury určitá společnost, která své služby bude poskytovat dál přes další společnosti, až koncovým uživatelům. Letečtí dopravci tak vždy budou zákazníkem nějaké telekomunikační společnosti. Proto, pokud chtějí na palubách svých letadel zavést služby free Wi-Fi, musí se jejich náklady na zakoupení vybavení pro rozvedení Wi-Fi sítě na palubě letadla, a pro přijímaný signál, musí překlopit do zisků společnosti. Jediným schůdným způsobem jak se vyhnout ztrátám, by bylo rozložit náklady na Wi-Fi připojení mezi všechny prodané letenky a to i na lety, které vybavené připojením na internet nejsou. I přes to, že dnes je trendem se veškerých služeb na palubě letadel zbavovat, anebo je nechat platit zákazníka, služba Wi-Fi se v budoucnu jistě stane jednou z automatických služeb, kterou bude zákazník vyžadovat, aniž by se ohlížel na cenu implementovanou v letence. Letištní taxy a veškeré poplatky již v ceně zahrnuté, a zákazníka ve výsledku také nezajímají. Vidí jen konečnou cenu, za kterou se dostane na místo určení a tu také zaplatí. A když bude součástí připojení Wi-Fi, nebude se zajímat o to, kolik stála letenka bez přidaných poplatků jako taková. Zatím tudíž by řešením byla pomalá implementace Wi-Fi do nabízených služeb s minimálním navýšením ceny letenek, aby zákazník vůbec nepocítil změnu na cenách letenek.

8. Závěr

V této diplomové práci jsem si určila za cíl vyhodnocení, z hlediska financí, jakým způsobem je možné zavádět internet na palubu letadel a nastínit, jak různé způsoby mohou ovlivnit letecké dopravce, telekomunikační společnosti a také koncového odběratele, tedy cestujícího. Cílem bylo zjistit co možná nejpřesnější odhady cen za tři různé typy přenosu internetu na palubu letadla, porovnat je a následně vyhodnotit z pohledu zavedeného ekonomického systému, který způsob je v dané situaci a dnešní době z hlediska nákladů nejvýhodnější.

V práci jsem popsala základní princip telekomunikace a telekomunikační prostředky. Větší část jsem věnovala satelitní telekomunikaci, která je v leteckém průmyslu klíčová, co se rozvoje letecké dopravy týče. V satelitech a jejich spolehlivosti je budoucnost veškeré telekomunikace a letecká doprava vyžaduje v rámci bezpečnosti tu nejvyšší spolehlivost veškerých svých systémů, i když se jedná „jen“ o systém pro zabavení cestujících. Na kapitolu o satelitní telekomunikaci jsem navázala popisem GSM sítí a jejich možnému využití pro přenos internetu na palubu letadla. Nakonec jsem u obou typů telekomunikací vyhledala co možná nejpřesnější ceny za infrastrukturu a za provoz daného způsobu telekomunikace.

Porovnávala jsem tři rozdílné možnosti přenosu internetu na palubu letadla. První možností je vystavení nové pozemní sítě antén BTS, na území regionu střední Evropy a přenos internetu na palubu letadla tímto způsobem. Ukázalo se, že technicky by nebyl problém s implementací takovéto sítě a že zkopírovat tento způsob od Americké telekomunikační společnosti Gogo by mohlo být výhodným řešením. Ceny by se však za celou síť pohybovaly v rámci stovek milionů amerických dolarů a zároveň by byla další obtížnou překážkou legislativa, kdy na tak velkém území, by bylo třeba sjednotit tarify a zajistit spolupráci různých telekomunikačních společností, aby se ceny za připojení dostaly na únosnou míru. Byl by to tedy dlouhý proces, především z manažerského a ekonomického hlediska daných společností.

Dalším řešením, kterým je možné zajistit příjem internetu na palubu letadla, je příjem signálu ze satelitů. Tento typ přenosu má z ekonomického hlediska dvě možnosti. První možnost - letecká společnost si kupuje frekvenční pásmo od již existujících a fungujících specializovaných společností, které vlastní a provozují satelitní infrastrukturu. Druhá možnost - letecká společnost si nechá vyrobit, naprogramovat a vynést do vesmíru vlastní satelit, který použije jako zdroj signálu. Již na první pohled je jasné, která možnost je ekonomičtější a vychází levněji. V práci jsou, porovnány uvedené možnosti a vyhodnocení ekonomického dopadu na letecké společnosti.

Jako nejlevnější způsob dodávky internetu na palubu letadla vychází nákup frekvenčního pásma od již zavedených specializovaných společností vlastnících infrastrukturu. Cena se pohybuje v řádu desítek až stovek tisíc amerických dolarů, což je v měsíčním rozpočtu leteckého dopravce relativně přijatelná položka za standardní službu. Cena za celou novou satelitní infrastrukturu je řádově stejná jako vybudování nové sítě pozemních antén a pohybuje se v řádech stovek miliónů amerických dolarů Z hlediska leteckých dopravců je toto jediná realistická možnost jak dostat internet na palubu svých letadel.

Celý systém komunikací je dnes nastaven tak, že na vrcholu jsou velké společnosti, které vlastní telekomunikační infrastrukturu, jako je například Inmarsat a pod nimi je spousta dalších telekomunikačních společností, které si infrastrukturu pronajímají a dále pak poskytují své služby koncovému zákazníkovi, kterým v tomto případě je letecká společnost a její cestující.

Z pohledu pozemní nebo satelitní telekomunikace jsou rozhodujícími hráči majitelé infrastruktury, firmy jako již výše zmíněný Inmarsat, Eutelsat nebo Iridium a další, na nich jsou závislé společnosti, které si pronajímají satelity a pásma pro své služby, například OnAir nebo Row44 a od nich dále nakupují společnosti, jako Panasonic Avionics a podobné, které už jsou klíčovými dodavateli pro letecké společnosti, a které jim poskytují připojení na paluby jejich letadel. V této hierarchii má nejhorší postavení letecká společnost, jako koncový odběratel telekomunikačních služeb. Snahou leteckých společností by mělo být, poskytovat cestujícím na palubách svých letadel internet co nejlevněji, nejlépe i zdarma. Každá letecká společnost řeší financování svým způsobem a neexistuje zde jednotná politika. Jedině konkurenční boj o zákazníka a jeho požadavek na internetové připojení, povede v budoucnu ke zlevňování a snad i poskytnutí internetového připojení zdarma. Snížení ceny za telekomunikační služby lze teoreticky dosáhnout několika způsoby. Z ekonomického hlediska je to zvýšením poptávky a zvýšením konkurence v daném oboru a tím většími zisky z prodeje, jako u každého jiného zboží, nebo technologickým pokrokem, kdy technologie budou dostupnější a tím také levnější.

Na otázku, zda je možné mít na palubě Wi-Fi připojení k internetu zdarma, nelze dát jednoznačnou odpověď. Někteří dopravci považují tuto službu jako výhodný marketingový nástroj oproti své konkurenci, jiní mohou tuto službu poskytovat jako nadstandard. Vše závisí na jejich obchodní politice. Požadavky cestujících do budoucna k danému cíli povedou, ale tento horizont může, ale i nemusí, být velice dlouhý.

Citovaná literatura

©2016 DELTA AIR LINES, I., 2016. Delta Air Lines. *Delta Air Lines* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: http://www.delta.com/content/www/en_US/traveling-with-us/onboard-experience/delta-studio/in-flight-wi-fi.html

AIRLINES, ©. S. I., 2016. Swiss International AirLines. *Swiss International AirLines* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: https://www.swiss.com/us/EN/fly/on-board/entertainment-on-board#t-page=pane3

AIRWAYS, ©. Q., 2016. Qatar Airways. *Qatar Airways* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: http://www.qatarairways.com/global/en/onboard-connectivity.page

ASA, N. A. S., 2016. Norwegian Air Shuttle ASA. *Norwegian Air Shuttle ASA* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: http://www.norwegian.com/uk/travel-info/on-board/free-wifi/

CAUBLE, M., 2016. Quora. *Quora* [online] [cit. 2016-Říjen-18]. Dostupné z: https://www.quora.com/Wireless-Communication-What-are-the-costs-of-deploying-running-and-maintaining-a-GSM-BTS

COELHO, D. et al., Technology & Science Associate Laboratory. In: INESCTEC [online]. 18. 2. 2012 [cit. 2015-07-08]. http://www.inescporto.pt/~lpessoa/publications/artigo7288.pdf

ČHMÚ, (., 2016. ČHMÚ. *ČHMÚ* [online] [cit. 2016-Září-07]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/info/MSG.html

ČTÚ, 2016. Český telekomunikační úřad. *Český telekomunikační úřad* [online] [cit. 2016-Říjen-23]. Dostupné z: www.ctu.cz

D.B, K., 2014. Engineering tamu. In: *Engineering tamu* [online]. 9. Září. 2014 [cit. 2016-Listopad-06]. Dostupné z: https://engineering.tamu.edu/media/1832106/Estimating-the-Cost-of-Space-Systems_2014.pdf

DUNBAR, B., 2015. NASA Official: Brian Dunbar. *National Aeronautics and Space Administration* [online] [cit. 2016-Srpen-27]. Dostupné z: http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-a-satellite-58.html

FLUDIMESH, 2016. Fluidmesh Networks LLC. *Fluidmesh Networks LLC.* [online] [cit. 2016-Říjen-09]. Dostupné z: https://www.fluidmesh.com/solutions/direct-air-to-ground-communications-da2gc/

FOOL, T. M., 2016. The Motley Fool. *The Motley Fool* [online] [cit. 2016-Listopad-06]. Dostupné z: http://www.fool.com/investing/2016/06/24/how-much-does-it-cost-to-launch-a-satellite.aspx

FRANCE, A., 2016. Air France. *Air France* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: http://www.airfrance.us/US/en/common/transverse/footer/bitebird.htm

FRÉDERIC BESSE, F. G. A. P. J. R., 2014. hal-enac.archives-ouvertes.fr. In: *HAL archives* [online]. 9. Září. 2014 [cit. 2016-Říjen-08]. Dostupné z: https://hal-enac.archives-ouvertes.fr/hal-01022210/document

GOODE, B., 2002. VoIP. IEEE, č 9, s. 1495-517. ISSN 1558-2256.

GROUP., ©. 2. T. E., 2016. Emirates. *Emirates* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: http://www.emirates.com/us/english/flying/inflight_entertainment/communication.aspx

GSM web, 2016. *GSM web* [online] [cit. 2016-Říjen-16]. Dostupné z: http://www.gsmweb.cz/mapa/

GUARDIAN, T., 2016. The Guardian. *The Guardian* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: https://www.theguardian.com/business/2016/may/06/ba-adds-superfast-wi-fi-transatlantic-trips

HW server, 2016. *vyvoj.hw.cz* [online] [cit. 2016-Říjen-16]. Dostupné z: http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/architektura-gsm-site.html

ICHOKU, C. NASA Earth Observatory. *Earth Observatory* [online]. [cit. 2016-Srpen-30]. Dostupné z: http://earthobservatory.nasa.gov/Features/OrbitsCatalog/page2.php

INC., S. E., 2016. Stack Exchange. *Stack Exchange* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: http://travel.stackexchange.com/questions/50383/where-how-can-i-find-a-listing-of-prices-for-in-flight-wifi-usage-on-qatar-airwa

INC., T., 2016. Techopedia Inc. *Techopedia* [online] [cit. 2016-Září-03]. Dostupné z: https://www.techopedia.com/definition/5570/telecommunications

INTELSAT, 2015. Intelsat. *Intelsat* [online] [cit. 2016-Říjen-23]. Dostupné z: http://www.itso.int/images/stories/Capacity-Building/Dakar-2015/Satellite-Economics-beyond-the-cost-per-MHz.pdf

LTD, A. C., 2016. Radio-Electronics.com. *Radio-Electronics.com* [online] [cit. 2016-Říjen-09]. Dostupné z: http://www.radio-electronics.com/info/satellite/communications-systems/iridium-theory-history-technology-frequency.php

LUFTHANSA, 2016. Lufthansa.com. *Lufthansa* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: http://www.lufthansa.com/us/en/Fly-Net

LURIDICTUM, 2014. Luridictum. *Luridictum* [online] [cit. 2016-Říjen-23]. Dostupné z: https://iuridictum.pecina.cz/w/Legislativa

MAFRA, A. S., 2015. iDNES.cz. *Technet iDNES* [online] [cit. 2016-Září-06]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/vysokorychlostni-internet-na-palube-letadla-fnt-/tec_technika.aspx?c=A160426_171235_tec_technika_nyv

MICELI, A., 2003. *Wireless Technician's Handbook*. Artech House Books. ISBN 9781580533577.

MINOLI, D., 2015. *Innovations in Satellite Communications Technology*.. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. Inc. ISBN 978-1-118-98405-5.

NELSON, J. Jet Propulsion Laboratory NASA. *Jet Propulsion Laboratory NASA* [online]. [cit. 2016-Srpen-27]. Dostupné z: http://www.jpl.nasa.gov/infographics/infographic.view.php?id=11182

NEWMAN, D., 2002. David Newman University of Alaska-Fairbanks. *ffden-2.phys.uaf.edu* [online] [cit. 2016-Srpen-28]. Dostupné z: http://ffden-2.phys.uaf.edu/102spring2002_Web_projects/D.Valdez/www/dexes/body2.htm

NOVOTNÝ, P., 2002. *Architektura sítí*. Brno. Skripta. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.

P. SAINT-ANDRE, E., 2004. rfc-editor.org. In: *rfc-editor.org* [online].2004 [cit. 2016-Říjen-08]. Dostupné z: https://www.rfc-editor.org/rfc/pdfrfc/rfc3921.txt.pdf

PARABOLA.CZ, 2010. Parabola.cz. *Parabola* [online] [cit. 2016-Říjen-23]. Dostupné z: http://www.parabola.cz/clanky/3896/nejuspesnejsi-satelitni-internet-na-svete/

PITFIELD, J., 1994. *Satellite launch lists 1957 to 1993*. Wareham: Rocket Services. 094869999X.

POSTEL, J., 1985. tools.ietf.org. In: *tools.ietf.org* [online].1985 [cit. 2016-Říjen-08]. Dostupné z: https://tools.ietf.org/html/rfc959

POSTEL, J. B., 1982. ftp.trailing-edge.com. In: *ftp.trailing-edge.com* [online].1982 [cit. 2016-Říjen-08]. Dostupné z: ftp://ftp.trailing-edge.com/pub/rsx11freewarev2/rsx83b2/307036/rfc821.doc

RAND, 2008. RAND project Air Force. In: *RAND* [online].2008 [cit. 2016-Listopad-06]. Dostupné z: http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2008/RAND_TR418.pdf

SATELLITETODAY, 2016. Satellitetoday. *Satellitetoday* [online] [cit. 2016-Říjen-23]. Dostupné z: http://www.satellitetoday.com/telecom/2013/05/17/boeing-surprise-winner-of-viasat-2-deal/

SELLERS, J. J. Astronautics Primer. *Astronautics Primer* [online]. [cit. 2016-Srpen-30]. Dostupné z: https://www.agi.com/resources/educational-alliance-program/astro-primer/primer96.htm

SKYWARETECHNOLOGIES, 2015. Skywaretechnologies. *Skywaretechnologies* [online] [cit. 2016-Říjen-09]. Dostupné z: http://www.skywaretechnologies.com/news/item/84-ka-vs-ku-an-unbiased-review

SOCIETY, ©. 1.N. G., 1996. © 1996- National Geographic Society. *National Geographic* [online] [cit. 2016-Srpen-27]. Dostupné z: http://www.nationalgeographic.com/eye/satellites.html

SOCIETY, ©. 1.N. G., 1996. © 1996- National Geographic Society. *National Geographic* [online] [cit. 2016-Srpen-27]. Dostupné z: http://www.nationalgeographic.com/eye/sat/satel_4.html

STALLINGS, W., 2014. *Wireless Communications and Networks*. 2. Essex: Pearson Education Limited. 1-292-02738-X.

SUN, Zhili, Satellite networking: principles and protocols. Chichester: Wiley. ISBN 9780470870273.

SURVEY, U. S. G., 2016. EO-1. *EO-1* [online] [cit. 2016-Září-07]. Dostupné z: http://eo1.usgs.gov/

SŽDC, 2014. *Písemná zpráva zadavatele*. [Písemná zpráva zadavatele].

ŠEBESTA, J., 2012. *Globální navigační systémy*. Brno: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně. ISBN 978-80-214-4500-0.

THE INTERNET SOCIETY, 1999. Request for Comments: 2616. In: *Request for Comments: 2616* [online].1999 [cit. 2016-Říjen-08]. Dostupné z: https://www.rfc-editor.org/rfc/pdfrfc/rfc2616.txt.pdf

UNIVERSITY, S. J. S. San José State University. *San José State University* [online]. [cit. 2016-Říjen-18]. Dostupné z: http://www.sjsu.edu/faculty/watkins/cba.htm

ÚŘAD, Č. T., 2016. Český Telekomunikační Úřad. *Český Telekomunikační Úřad* [online] [cit. 2016-Říjen-23]. Dostupné z: https://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/stranky/statut-ctu/soubory/statutctu.pdf

WAIKATO, T. U. O., 2013. Science Learning Hub. *Science Learning Hub* [online] [cit. 2016-Srpen-30]. Dostupné z: http://sciencelearn.org.nz/Contexts/Satellites/Sci-Media/Video/Parts-of-a-satellite

WATANABE, S. Jet Propulsion Laboratory NASA. *Jet Propulsion Laboratory NASA* [online]. [cit. 2016-Srpen-27]. Dostupné z: http://www.jpl.nasa.gov/jplhistory/early/firstsatellites.php

Wikipedia, 2016. *Wikipedia* [online] [cit. 2016-Říjen-16]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Central_Europe.png

WIRELESS ESTIMATOR, I., 2016. Wireless Estimator. *Wireless Estimator* [online] [cit. 2016-Říjen-18]. Dostupné z: http://wirelessestimator.com/content/industryinfo/34

YODER, J., 2016. Stuff in Space. *Stuff in Space* [online] [cit. 2016-Srpen-28]. Dostupné z: http://stuffin.space/

ZANDL, Patrick, Bezdrátové sítě WiFi. ISBN 9788072266326.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Sovětský satelit Sputnik 1 (SOCIETY, 1996) ..... - 21 -
Obrázek 2: Veškeré objekty v blízkém okolí Země (YODER, 2016) ..... - 23 -
Obrázek 3: Nízká oběžná dráha satelitu IRIDIUM 94 (15.8.2016, 22:37) (YODER, 2016) ..... - 24 -
Obrázek 4: Molniya dráha satelitu COSMOS 2222 (30.8.2016, 18:03) (YODER, 2016)..... - 25 -
Obrázek 5: GEO satelitu MEASAT 2 (15.8.2016, 22:30) (YODER, 2016)..... - 27 -
Obrázek 6: Pokrytí a elevační úhel (STALLINGS, 2014) ..... - 28 -
Obrázek 7: Schéma propojení pro přenos internetu (FRÉDERIC BESSE, 2014)..... - 31 -
Obrázek 8: Porovnání frekvenčních pásem a jejich vlastností (SKYWARETECHNOLOGIES, 2015) - 36 -
Obrázek 9: GSM architektura (HW server, 2016) ..... - 38 -
Obrázek 10: CBA (UNIVERSITY, n.d.) ..... - 40 -
Obrázek 11: Střední Evropa (Wikipedia, 2016) ..... - 42 -
Obrázek 12: Srovnávací tabulka nabídky satelitního internetu (podle informací na webových stránkách poskytovatelů) (PARABOLA.CZ, 2010) ..... - 44 -
Obrázek 13: Rozložení nákladů na satelit (RAND, 2008)..... - 48 -
Obrázek 14: Odhad ceny za vypuštění satelitu (FOOL, 2016) ..... - 52 -

Seznam tabulek

Tabulka 1: Historický přehled satelitů (NELSON, n.d.) ..... - 23 -
Tabulka 2: Frekvenční pásma ..... - 31 -
Tabulka 3: Satelitní frekvence ..... - 32 -
Tabulka 4: Rozloha států střední Evropy ..... - 41 -