

TVORBA ŠTUDIJNÝCH MATERIÁLOV - KOMUNIKAČNÉ SYSTÉMY

COMMUNICATION SYSTEMS

Nikolas Marman

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
marman@stud.uniza.sk

Andrej Novák

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
andrej.novak@fpedas.uniza.sk

Abstract - The main objective of this thesis is to create study materials for basic, but mainly for modern communication systems, which could help the future students of Department of Air Transport during preparation for subject focused on communication systems. In the first part, basic principles of communication and communication systems are described. Next, the thesis switches to radio communication, specifically high and very high frequency communication. This part is complemented by SELCAL system. Furthermore, the thesis describes modern communication systems starting with CPDLC, which provides data link communication. It continues with aeronautical telecommunication network, ATN. Main part is finished by satellite systems, AMSS, with support systems. There are described satellites and satellite networks provided by INMARSAT and Iridium NEXT, AMSS channels and architecture. Finally the thesis describes LDACS, technology which shares many elements with actual 4G mobile network. Whole thesis is supplemented by digital presentations for every section of the main part.

Key words: communication, communication systems, radio communication, VHF, HF, ATN, Selcal, telecommunication network, frequencies, aeronautical telecommunication network, connection, waves, annex, satellite, satellite communication.

I. ÚVOD

Komunikácia je súčasťou života všetkých ľudí, ktorá existuje už od počiatku Zeme. V letectve je komunikácia neodmysliteľnou súčasťou jeho fungovania. Komunikácia sa stále vyvíja. Vyvíjajú sa ako systémy, tak aj samotné postupy komunikácie. Na počiatkoch komerčnej leteckej dopravy sa komunikovalo prostredníctvom rádiových spojení. Dnes je Zem obklopená satelitmi na obežnej dráhe, ktoré nám umožňujú komunikovať z akéhokoľvek miesta na zemi.

II. KOMUNIKÁCIA

Komunikácia je dvojsmerý proces šírenia informácií, dát a znalostí. Informácie môžu byť sprostredkované verbálnou alebo neverbálnou formou, pričom cesta, ktorou sa tieto informácie presúvajú sa nazýva komunikačný kanál.

Aj napriek zvyšujúcej sa miere používania počítačových rozhraní a dátovej komunikácie v letectve, ostáva verbálna komunikácia nevyhnutnou súčasťou letectva.

Okrem systémom sú veľmi dôležité aj postupy pri komunikácii, a to hlavne používanie správnej frazeológie. Efektívnu komunikáciu umožňuje zdieľanie spoločného jazyka, ktorým je angličtina, a existencia štandardizovanej frazeológie.

III. AKO FUNGUJÚ KOMUNIKAČNÉ SYSTÉMY

Samotná hlasová komunikácia sa uskutočňuje prostredníctvom niekoľkých rádiostaníc a prijímačov v lietadle a taktiež na zemskom povrchu.



Obrázok 25: Audio Control Panel z Boeing 737 [Zdroj:

<https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-4509aa2a28391ac932dd0948c9a377d8>]

Rádiostanice používané pre potreby leteckej dopravy môžeme rozdeliť do štyroch základných kategórií:

- Rádiostanice KV – frekvencia pod 30 MHz
- Rádiostanice VKV – 108-137 MHz
- Rádiostanice VKV/UKV – 230-380 MHz
- Rádiostanice UKV – frekvencie okolo 1 GHz

Civilná oblasť využíva najmä frekvencie 118-137 MHz, na ktorých môžeme počuť riadiace veže, riadenie vzdušného priestoru a iné. Keďže je na tejto frekvencii najväčšie rušenie je potrebná tzv. AM modulácia. Amplitúdová modulácia zabezpečí, že súčasne vysielané signály sa síce budú prekrývať, ale nebudú sa rušiť.

IV. VKV RÁDIOKOMUNIKÁCIA

VKV rádiová komunikácia bola po dlhú dobu základnou komunikáciou medzi zemou a lietadlami. V Pásme VKV sa rádiové vlny šíria priamo, tzv. Line-of-sight (LOS).



Obrázok 26: Line-of-sight šírenie

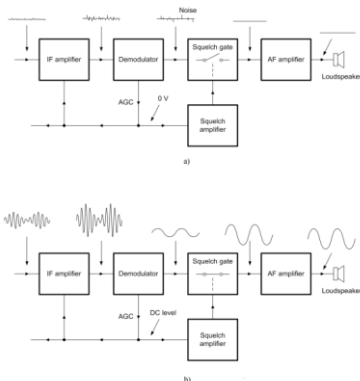
[Zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=GaCEv6rDIKc&t=177s>]

Pre hlasovú komunikáciu v pásme VKV sa používa AM modulácia.

Rozstup medzi kanálmi je v dnešnej dobe 25 kHz, resp. 8,33 kHz, čo umožňuje dostupnosť až 760, resp. 2280 kanálov.

V. SQUELCH

VKV prijímače disponujú aj systémom pre tlmenie zvuku v čase absencie signálu. Squelch systém sa otvorí, keď je prítomný aj slabý signál a zavrie sa, keď nie je prítomný žiaden signál. Na obrázku môžeme vidieť Squelch zatvorený (hore) a otvorený (dole).

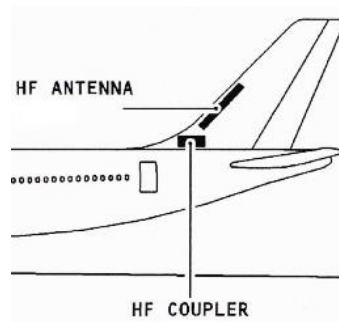


Obrázok 27: SQUELCH funkcionálnosť [Zdroj: [105]]

VI. KV RÁDIOKOMUNIKÁCIA

KV v porovnaní s VKV poskytuje komunikácie na dlhé vzdialenosti. Je to možné vďaka pásme KV, kde sa rádiové vlny šíria odrazom v atmosfére. Typický dosah takýchto komunikačných systémov je 500-2000 km.

Na príjem signálu sa v minulosti používali drôtové antény umiestnené zvonku na vertikálnom stabilizátore. Z dôvodu nespoľahlivosti a nevhodnosti pre dnešné lietadlá bolo zavedené nové konštrukčné riešenie, a to implementácia antény do útrobu stabilizátora, resp. do jeho nábežnej hrany.



Obrázok 28: KV anténa integrovaná do vertikálneho stabilizátora [Zdroj: [105]]

VII. SELCAL

SELCAL umožňuje selektívnu voľbu komunikačného kanála. Takmer každé lietadlo lietajúce medzikontinentálne lety má pridelený SELCAL kód zaregistrovaný v ASRI.

Ak chce pozemná stanica komunikovať s konkrétnym lietadlom, operátor zadá príslušný kód a vyšle signál. Signál prijímajú všetky lietadlá, ale vysielanie dostane len konkrétne lietadlo s príslušným kódom.

SELCAL kód sa skladá z kombinácii abecedných znakov predstavujúcich dva páry, napríklad AC-BD. Každý z týchto znakov predstavuje jedinečnú frekvenciu. Tieto frekvencie môžeme vidieť v priloženej tabuľke.

Tabuľka 19: SELCAL kódy

SELCAL kód	Frekvencia (Hz)	SELCAL kód	Frekvencia (Hz)
A	312.6	T	329.2
B	346.7	U	365.2
C	384.6	V	405
D	426.6	W	449.3
E	473.2	X	498.3
F	524.8	Y	552.7
G	582.1	Z	613.1
H	645.7	1	680
J	716.1	2	754.2
K	794.3	3	836.6
L	881	4	927.9
M	977.2	5	1029.2
P	1083.9	6	1141.6
Q	1202.3	7	1266.2
R	1333.5	8	1404.4
S	1479.1	9	1557.8

VIII. CPDLC

Controller pilot data link communication je dátová komunikácia medzi riadiacim a pilotom používajúca data link pre ATC.

CPDLC poskytuje komunikáciu pre služby riadenia letovej prevádzky. Zahŕňa správy o povoleniach, informáciách a žiadostiach, ktoré korešpondujú s hlasovou frazeológiou procedúr ATC.



Obrázok 29: CPDLC rozhranie v lietadle. [Zdroj: <https://i.ytimg.com/vi/2hB-iyAviU8/maxresdefault.jpg>]

Jednotka dokáže vysielat' úlohy, bočné odchýlky, zmeny a povolenia pre trasy, informácie o rýchlosti, rádiových frekvenciách a rôzne požiadavky.

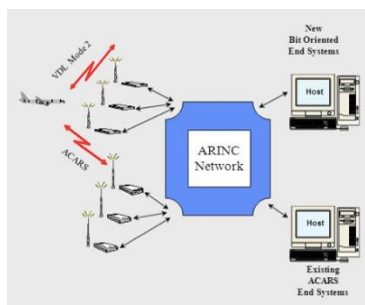
IX. ATN

ATN – Aeronautical telecommunication network je dátová komunikačná sieť, ktorá sprostredkúva komunikačné služby, integruje a používa existujúce komunikačné siete a infraštruktúru všade, kde to je možné. Poskytuje teda internetovú komunikáciu pre pozemných používateľov a pre lietadlá.

X. VKV DATA LINK

VKV Data Link – VDL je dátový prenos informácií v pásme VKV. Sú definované štyri módy VDL

- VDL Mode 1 – rýchlosť prenosu 600 bps, nedostačuje pre dnešné požiadavky
- VDL Mode 2 – rozvoj pre Mode 1 so zlepšenou rýchlosťou prenosu 31,5 kbps



Obrázok 30: VDL Mode 2 architektúra

[Zdroj: <https://slideplayer.com/slide/2344424/8/images/10/VDL+Mode+2+Architecture+VDL+Mode+2+Program+Bit-oriented+VHF+data+link.jpg>]

- VDL Mode 3 – výrazné vylepšenie pre Mode 2 používajúce TDMA prístup do kanálu

- VDL Mode 4 – je v mnohých smeroch odlišný od ostatných módov. Má rýchlosť 31,5 kbps a TDMA prístup. Synchronizuje sa samočinne čo umožňuje aj komunikáciu medzi dvoma lietadlami.

XI. KV DATA LINK

KV Data Link je podsieťou ATN. Funguje v pásme 3-30 MHz. Táto komunikácia musí kvôli splneniu charakteristík šírenia používať manažment adaptívnej frekvencie, ktorý zvolí optimálnu frekvenciu pre vytvorenie spojenia a koordinuje sa so všetkými ostatnými frekvenciami. To taktiež zamedzí rušeniu medzi pozemnými stanicami.

XII. AMSS

Je letecká mobilná satelitná sieť.

Použitie satelitov má mnoho výhod oproti iným metódam komunikácie. Výrazne zvyšuje možný dosah signálu. Pomocou len jedného satelitu dokáže pokryť značne veľké územie. Taktiež sú výrazne redukované požiadavky na pozemnú infraštruktúru.

Z hľadiska umiestnenia satelitov na obežnej dráhe poznáme:

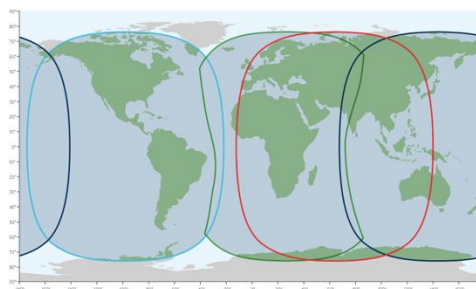
- Nízkou obežnú dráhu (LEO)
- Strednú obežnú dráhu (MEO)
- Geostacionárnu obežnú dráhu (GEO)

Väčšina satelitov je práve na GEO. Na tejto obežnej dráhe je sieť prevádzkovo menej zložitá a jeden satelit dokáže pokryť veľké územie. Kvôli veľkej vzdialenosti je však potrebný veľký výkon.

Preto je väčší záujem o LEO a MEO.

XIII. INMARSAT A IRIDIUM NEXT

Inmarsat je globálna satelitná sieť, ktorá aktuálne prevádzkuje 13 satelitov na GEO, čím poskytuje globálne pokrytie, aké môžeme vidieť na obrázku.

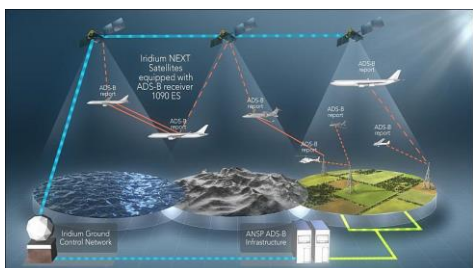


Obrázok 31: Pokrytie satelitmi Inmarsat 4 (2019)

[Zdroj: https://www.inmarsat.com/wp-content/uploads/2019/04/Inmarsat_Alphasat_and_I-4_Coverage_April_2019_EN_LowRes.pdf]

Iridium NEXT je taktiež satelitná sieť, ktorá prevádzkuje 66 aktívnych satelitov na LEO. Obežná rýchlosť satelitov je približne 27 000 km/h a pracujú v pásme L, ktoré poskytuje rýchlosť 128 kbps pre mobilné terminály a 1,5 Mbit/s pre terminály "Iridium OpenPort".

Satelitey spolupracujú aj s technológiou ADS-B (Automatic dependent surveillance-broadcast), čo umožňuje sledovanie v reálnom čase.



Obrázok 32: Iridium NEXT prepojenie s ADS-B
[Zdroj:https://earth.esa.int/image/image_gallery?uuid=783ce460-cd9b-4e17-900d-9e9ecc772764&groupId=163813&t=1357118981094]

XIV. ACARS

Aircraft communications addressing and reporting system je komunikačný data link, ktorý posiela správy medzi lietadlom, pozemným systémom a inými stranami.

Správy môžu byť generované vstupnou klávesnicou alebo automaticky systémom ACARS.

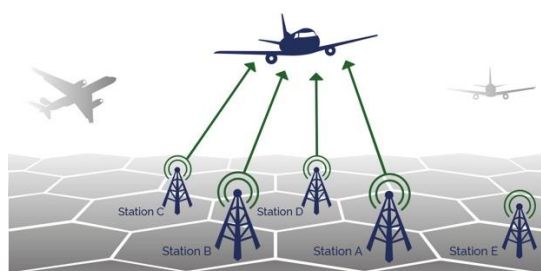
ACARS umožňuje napríklad identifikovanie posádky, OOOI časy, letové a meteorologické aktualizácie, ale aj výkony motorov a stav paliva.

Služby ACARS sú poskytované prevažne organizáciami, ktorými sú napríklad SITA a ARINC.

XV. LDACS

Je to zabezpečený širokopásmový komunikačný system, ktorý zdieľa mnoho technických konceptov so súčasou mobilnou sieťou 4G.

Poskytuje digitálny data link medzi lietadlami a pozemnými stanicami v oblasti kontinentov, pričom v oceánskej oblasti ho dopĺňa satelitný systém.



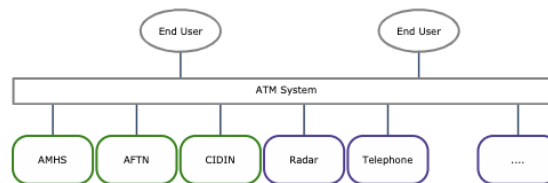
Obrázok 33: LDACS pozemné stanice
[Zdroj:https://www.ldacs.com/wp-content/uploads/2014/02/figure_cellular_concept_1070x650.jpg]

XVI. AMHS

ATS message handling system je standard pre komunikáciu zem-zem. Poskytuje end to end službu.

AMS nie je priamo využívaný koncovými používateľmi. Je to skôr podporná infraštruktúra pre niekoľko aplikácií a výmenu správ, ako napríklad letových plánov alebo meteorologických správ.

Mnoho užívateľov sú ATC pracovníci. Takýto používateľ bežne používa softvér špecificky určený pre podporu ATM, AMS.



Obrázok 34: ATM architektúra [Zdroj: [11]]

REFERENCIE

- [1] Mike Tooley, David Wyatt: AIRCRAFT COMMUNICATIONS AND NAVIGATION SYSTEMS, Routledge 2018, ISBN 978-1-138-30859-
- [2] LDACS Technical Overview [online], Dostupné na internete: <https://www.ldacs.com/about-ldacs1/technical-overview/>
- [3] How SELCAL works [online], Dostupné na internete: <https://www.asri.aero/selcal/how-selcal-works/>
- [4] Spôsoby šírenia DV, SV, KV, VKV [online], Dostupné na internete: https://alzat.spseke.sk/radiote/elmag/dv_sv_kv/dv_sv_kv.htm
- [5] What are radio waves [online], Dostupné na internete: https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt_radio_spectrum.html
- [6] Monitorovanie a počúvanie leteckých frekvencií [online], Dostupné na internete: <https://www.airliners.sk/monitorovanie-pocuvanie-leteckych-frekvenci/>
- [7] Letecká komunikácia [online], Dostupné na internete: <http://language.aero/sk/o-nas/letecka-komunikacia>
- [8] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [9] NOVÁK, A., HAVEL, K., & JANOVEC, M. 2017. Measuring and testing the instrument landing system at the airport zilina. Transportation Research Procedia 28, pages 117-126. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.176
- [10] NOVÁK, A., HAVEL, K., & BUGAJ, M. 2018. Measurement of GNSS signal interference by a flight laboratory. Paper presented at the Transportation Research Procedia 35, pages 271-278. doi:10.1016/j.trpro.2018.12.011
- [11] NOVÁK, A., ŠKULTÉTY, F., KANDERA, B. & LUSIAK, T. 2018. Measuring and Testing Area Navigation Procedures with GNSS. MATEC Web of Conferences 236,01004.
- [12] ŠKULTÉTY, F. 2018. Pre-flight inspections of aircraft emergency equipment via RFID technology. Transportation Research Procedia 35, pages 279-286. DOI:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518303508>

- [13] NOVÁK, A. 2005. Radio direction finding in air traffic services. *Promet - Traffic - Traffico* 17(5), pages 273-276.
- [14] KOVÁČIK, L., NOVÁK, A., KAZDA, A. & LUSIAK, T. 2019. Automatic commercial aircraft formation flight. *NTinAD 2019 - New Trends in Aviation Development 2019 - 14th International Scientific Conference, Proceedings* 8875618, pp. 106-109

Nikolas Marman – narodený 11.11.1993 v Žiline absolvoval v roku 2017 Dopravnú akadémiu v Žiline v odbore Technika a prevádzka dopravy a následne v roku 2017 nastúpil na Žilinskú univerzitu v odbore Letecká doprava. Od roku 2019 pracuje ako retail store manager v okrese Žilina pre spoločnosť PPG Group prevádzkujúcu sieť predajní EXIsport.