

Aké je nebezpečie rušenia DVB-T od LTE na Slovensku?

(Zhrnutie výsledkov projektu podporovaného APVV)

Ing. Marián Felix, prof. Ing. Stanislav Marchevský, CSc., Ing. Lukáš Sendrei, Ing. Juraj Oravec, Ing. Zdeno Zbončák, Ing. Miroslav Vanek, Ing. Matej Kultán, PhD.
Slovenská elektrotechnická spoločnosť a VUS, n.o. Banská Bystrica

Úvod

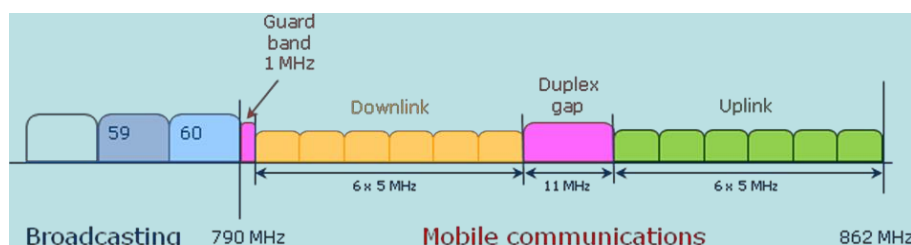
Regulačné authority viacerých európskych krajín v poslednej dobe riešia množstvo podnetov so sťažnosťami na rušenie pozemského digitálneho televízneho vysielania DVB-T zo strany mobilných sietí LTE, ktoré pracujú v pásme 800 MHz (LTE800).

Ako príklad možno uviesť Českú republiku, kde tamojší regulátor, Český telekomunikačný úrad (ČTÚ), v marci 2016 prijal 485 hlásení na rušenie príjmu DVB-T, z ktorých až v 283 prípadoch bola ako zdroj rušenia identifikovaná základňová stanica LTE800 (58,3 %), v 133 prípadoch bola zistená chyba na prijímacom zariadení sťažovateľa, v 33 prípadoch nebolo zistené žiadne rušenie a u zvyšku ešte nebolo šetrenie ukončené (zdroj: Mesačná monitorovacia správa ČTÚ, apríl 2016).

Žiaľ, čo sa týka Slovenska, napriek neustálemu rozširovaniu a výstavbe sietí LTE800 obdobné údaje o rušení nie sú k dispozícii. Zatiaľ jediné informácie môžu poskytnúť výsledky projektu s názvom „Výskum koexistencie širokopásmových sietí LTE a pozemského digitálneho TV vysielania DVB-T/DVB-T2“, ktorý bol riešený vo Výskumnom ústave spojov, n. o. (VÚS) a podporovaný Agentúrou na podporu výskumu a vývoja (APVV) na základe zmluvy č. APVV-0696-12.

Ciele projektu

Uvedený projekt bol v riešený v období od 10/2013 do 12/2015 a zaoberal sa výskumom v oblasti vzájomného ovplyvňovania širokopásmových sietí LTE800 a pozemského digitálneho TV vysielania DVB-T/DVB-T2. Obidva vysielacie systémy pracujú vo veľmi blízkych frekvenčných pásmach (s ochranným pásmom len 1 MHz – pozri obr. 1), čo predstavuje hlavnú príčinu vzniku nebezpečenstva vzájomných interferencií.



Obr. 1 – Frekvenčné pásma vyhradené pre vysielanie DVB-T/T2 a LTE800

Hlavné ciele projektu boli nasledovné:

1. Identifikácia oblastí SR, v ktorých môže dôjsť k degradácii príjmu služieb DVB-T/T2 v dôsledku zavedenia vysielania LTE800.
2. Zriadenie funkčného informačného systému pre obyvateľstvo na identifikáciu nebezpečenstva vzniku rušenia pozemského vysielania DVB-T/T2.
3. Návrh opatrení na predchádzanie nežiaduceho vzájomného ovplyvňovania systémov LTE800 a DVB-T/T2 a riešení vedúcich k eliminácii vzniknutých problémov počas praktickej prevádzky.

Okrem hlavnej riešiteľskej organizácie (VÚS) sa na riešení projektu podieľali aj externí pracovníci z Technickej univerzity Košice a zo spoločnosti Alcatel-Lucent Slovakia a.s.

Využitie výsledkov projektu v praxi bolo zmluvne dohodnuté so spoločnosťami Towercom, a.s. a Alcatel-Lucent Slovakia a.s.

Výsledky teoretického výskumu

Teoretický výskum (jeho výsledky boli zhrnuté v samostatnej analytickej výskumnej správe) sa zaoberal najmä analýzou príčin vzniku vzájomných interferencií medzi systémami DVB-T/-T2 a LTE800. Na základe tejto analýzy sa mechanizmy vzniku rušenia rozdeľujú do dvoch skupín:

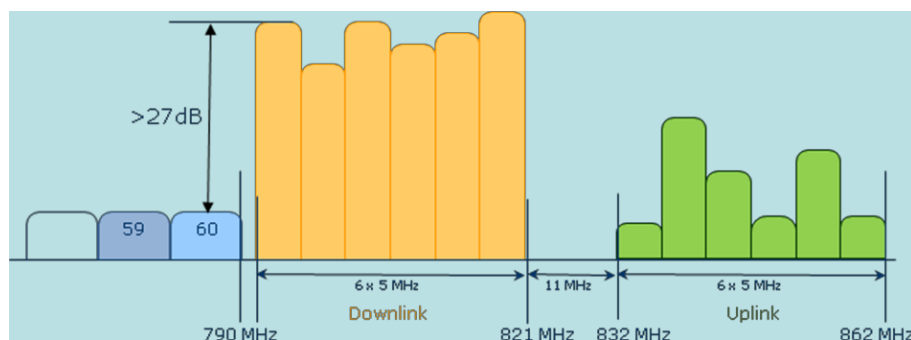
1. Rušenie DVB-T/-T2 spôsobené vysielaním základňovej stanice LTE800.
2. Rušenie DVB-T/-T2 spôsobené koncovým zariadením LTE800.

Rušenie DVB-T/-T2 spôsobené vysielaním základňovej stanice LTE800

V tejto skupine boli identifikované tieto spôsoby rušenia:

a) Rušenie vyšších kanálov DVB-T/-T2 v dôsledku nedodržania ochranného pomeru medzi nimi a susedným pásmom LTE800

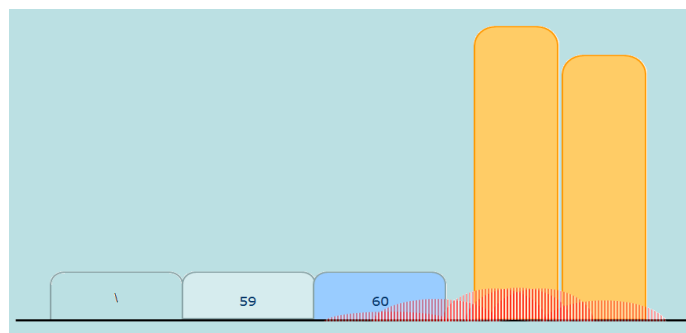
Toto rušenie ilustruje obr. 2. V tomto prípade k rušeniu dochádza vtedy, ak rozdiel úrovni signálu v kanáli K60 a v susednom kanáli LTE800 (t. j. ochranný pomer) je väčší ako 27 dB. V prípade, že úroveň signálu DVB-T/-T2 v kanáli K60 je na hranici príjmu (citlivosti prijímača) a zároveň ochranný pomer nie je dodržaný, bezpečná vzdialenosť prijímacej antény DVB-T/-T2 od základňovej stanice LTE800 je 900 m.



Obr. 2 – Vznik rušenia kanála K60 v dôsledku nedostatočného odstupu od susedného kanála LTE800

b) Rušenie príjmu DVB-T/-T2 spôsobené mimopásmovými emisiami LTE800 (OOB emissions)

Príčinou takéhoto rušenia je príliš vysoká úroveň mimopásmového vyžarovania základňovej stanice (pozri obr. 3), ktorá je definovaná spektrálnou maskou vysielача LTE800. Na základe pracovných dokumentov skupiny CEPT SE42 je dovolená úroveň mimopásmových emisií LTE800 až 0 dBm, čo je príliš vysoká hodnota. Toto rušenie môže vzniknúť najmä v blízkosti základňových staníc, avšak na prijímacej strane ho nie je možné odstrániť.



Obr. 3 – Vznik rušenia DVB-T/-T2 v dôsledku vysokej úrovne mimopásmového vyžarovania základňovej stanice LTE800

c) Rušenie príjmu DVB-T/-T2 spôsobené prebudením vstupných obvodov prijímača v dôsledku silného signálu LTE800

Aj tento spôsob rušenia vzniká predovšetkým v blízkosti základňových staníc, a to najmä v dôsledku slabej odolnosti prijímacích obvodov DVB-T/-T2 (vrátane antén) voči silným signálom. V tomto prípade sú ohrozené všetky kanály DVB-T/-T2 v pásme UHF. Rušeniu je možné čiastočne predchádzať použitím odolných prvkov vo vstupných obvodoch prijímacieho reťazca.

Rušenie DVB-T/-T2 spôsobené koncovým zariadením LTE800

a) Rušenie príjmu DVB-T/-T2 spôsobené zrkadlovým signálom

Niektoré staršie prijímače DVB-T (s klasickými CAN tunerami) pracujú na klasickom superheterodynovom princípe s dvomi zmiešavačmi. V tomto prípade vzniká nebezpečenstvo rušenia zrkadlovým signálom na prvej medzifrekvencii 36 MHz (zrkadlový signál je vzdialený 2 x 36 MHz, t. j. 72 MHz od pracovnej frekvencie, na ktorú je prijímač naladený).

Zo strany LTE800 sú rušené signály na kanáloch K57 až K60. Za bezpečnú vzdialenosť prijímačej antény DVB-T/-T2 od koncového zariadenia LTE800 sa považuje 50 m (to platí vo voľnom priestore; pri prekážkach je to, samozrejme, menej).

b) Rušenie príjmu DVB-T/-T2 spôsobené prebudením vstupných obvodov prijímača v dôsledku silného signálu koncového zariadenia LTE800

Podobne, ako pri prebudení obvodov prijímača DVB-T/-T2 zo strany základňových staníc LTE800, aj v tomto prípade sú ohrozené všetky kanály DVB-T/-T2 v pásme UHF. Tento typ rušenia sa prejavuje najmä pri vnútornom prenosom prijímače DVB-T/-T2, napr. pri používaní izbových antén.

Výsledky praktického výskumu

Výsledky praktického výskumu sú uvedené podľa jednotlivých tematických zameraní.

Analýza územia SR z hľadiska pravdepodobnosti vzniku rušenia medzi DVB-T a LTE800

Riešiteľský kolektív vytvoril mapu územia SR, ktorá je dostupná na stránke https://maps.fei.tuke.sk/maps/QGIS_DVBT_LTE a na ktorej sú vyznačené oblasti s pravdepodobnosťou vzniku nežiaducich interferencií.

Používateľ stránky si môže zvoliť zobrazenie konkrétneho typu mapy SR (výber zo šiestich geografických podkladov), nad ktorou je možné zobraziť pokrytie územia SR vysielaním zvolených celoplošných multiplexov DVB-T (modrá farba). Rovnako je možné zobraziť oblasti, ktoré sú potenciálne postihnuté rušením zo strany LTE800 (červená farba). Jednotlivé vrstvy pokrytia, resp. rušenia môže používateľ ľubovoľne zapínať/vypínať na základe vlastných preferencií.

Pokrytie územia signálom DVB-T s rušením od LTE800 bolo vypočítané pomocou metódy ITU-R P.1812-3D, pričom bol použitý výpočtový softvér RadioLab 4.1.3.

Pri výpočtoch sa bralo do úvahy rušenie príjmu DVB-T na kanáloch K55 – K60 všetkými kanálmi LTE800 (796 MHz, 806 MHz, 816 MHz) spôsobené nedodržaním ochranných pomerov medzi LTE800 a DVB-T/-T2.

Analýza dopadov nežiaduceho ovplyvňovania na pokrytie obyvateľstva TV signálom

V rámci tejto analýzy bolo hodnotené pokrytie obyvateľstva jednotlivých obcí SR signálmi DVB-T s uvažovaním rušenia od LTE800.

Výsledky sú zverejnené pomocou vytvorenej aplikácie, ktorá je dostupná na stránke projektu (<http://www.vus.sk/apvv/oblasti.php?jazyk>). Vo vyhľadávacom okne si používateľ môže vybrať ľubovoľnú obec SR, pre ktorú sa následne v tabuľkovej forme zobrazia nasledujúce údaje:

- celkový počet obyvateľov,
- počet obyvateľov pokrytých jednotlivými multiplexmi DVB-T,
- percento pokrytia územia signálom celoplošných multiplexov DVB-T,
- percento pokrytia obyvateľstva signálom multiplexov DVB-T,
- percento územia rušeného zo strany LTE800,
- percento obyvateľstva rušeného zo strany LTE800.

Overenie (korekcia) vypočítaných výsledkov pomocou merania

Správnosť vstupných predpokladov a vypočítaných výsledkov bolo potrebné overiť meraním. Experimentálne overenie bolo realizované v teréne pri reálnej prevádzke DVB-T a LTE800 a tiež aj v laboratóriu, kde sa ako vstupy použili determinované signály z generátorov.

V rámci meraní v exteriéri bola meracia zostava integrovaná v meracom vozidle a pozostávala z týchto základných komponentov:

- spektrálny analyzátor (HP8564),
- antény (logaritmicko-periodická, Yagiho, všesmerová),
- prijímače DVB-T, LTE (viac druhov),
- TV analyzátory (Promax ProLink 4C, ROVER INSTRUMENTS HD TAB 9),
- pomocné zariadenia (výsuvný stožiar 10 m, prijímač GPS, rozbočovače, káble, napájacie zdroje, meniče napätia a pod.).

Za účelom precíznejšieho merania bol v lokalite Badín zriadený vysielateľ DVB-T, ktorý vysielal na kanáli K60.

Výsledky experimentálnych meraní sú zadokumentované v protokoloch z merania, ktoré sú uložené vo VÚS.

Opatrenia na predchádzanie interferencií medzi LTE800 a DVB-T/T2

Ďalším dôležitým výsledkom riešenia projektu bolo vytvorenie návrhu opatrení na predchádzanie nežiaducich interferencií. Tieto opatrenia sú zhrnuté do elektronického dokumentu, ktorý je dostupný na stránke projektu http://www.vus.sk/apvv/opatrenia_rusenie.pdf.

V dokumente sú uvedené a rozobraté nasledujúce návrhy vedúce k eliminácii rušenia:

- Využívanie smerovosti antény na príjem DVB-T signálu
- Používanie vhodného zosilňovača signálu DVB-T/T2
- Používanie kvalitných rozvodov TV signálu
- Potlačenie nežiaduceho rušenia použitím predradených filtrov typu pásmový priepust alebo pásmová zádrž
- Úpravy na strane vysielateľa LTE800
 - a) Znížením vysielacieho výkonu vysielateľa LTE800
 - b) Filtrovaním signálu vysielateľa LTE800

Hodnotenie zariadení účastníkov z hľadiska parametrov vplyvujúcich na elimináciu rušenia

Z výsledkov riešenia okrem iného vyplynulo, že na elimináciu rušenia vysielania DVB-T/T2 vysielaním LTE800 má veľký vplyv aj odolnosť samotných zariadení účastníkov proti rušeniu.

V rámci projektu sa hodnotili tie časti prijímacieho reťazca, ktorých štruktúru a kvalitu dokáže ovplyvniť bežný divák, t. j. účastník. Dôraz bol kladený na hodnotenie kvality na trhu bežne dostupných účastníckych káblov, ktorými diváci pripájajú svoje prijímacie zariadenie (TV prijímač, resp. set-top-box) k anténovému rozvodu, ako aj kvality predradných filtrov, ktoré sa zapájajú medzi anténu a prijímač a ich úlohou je potlačiť nežiaduce signály z pásma vysielania LTE800.

Hlavným kvalitatívnym parametrom pri posudzovaní účastníckych káblov z hľadiska ich odolnosti voči rušeniu bolo jeho tlmenie tienením. Z výsledkov vyplynulo, že väčšina komerčne predávaných účastníckych káblov nespĺňa odporúčanú hodnotu tlmenia tienením (75 dB v pásme UHF), čo znamená, že pri ich praktickom použití môže dôjsť k rušeniu prijímaného signálu DVB-T/T2 nielen zo strany vysielania LTE800, ale aj z iných potenciálnych zdrojov.

Pri posudzovaní predradných filtrov bola hodnotená ich amplitúdová frekvenčná charakteristika. Výsledky naznačili, že viaceré filtre určené na elimináciu signálov nad kanálom K60 majú rôzne frekvenčné charakteristiky, niektoré z nich potláčajú aj vyššie kanály DVB-T/T2 (K60, resp. K59), takže sa pri ich prijímaní nedajú použiť. Pri správnom výbere konkrétneho filtra je bežný účastník odkázaný na odbornú pomoc.

Riešenie vzniknutých problémov medzi systémami LTE800 a DVB-T/T2 v praktickej prevádzke

Počas doby trvania projektu sa VÚS podieľal na riešení niektorých problémov týkajúcich sa vzájomných interferencií medzi systémami DVB-T/T2 a LTE800 v reálnej prevádzke.

Hoci presné údaje za celú SR oficiálne nie sú prístupné, celkove je možné konštatovať, že počet sťažností na nežiaduce interferencie medzi systémami LTE800 a DVB-T je zatiaľ relatívne nízky.

Väčšina vzniknutých problémov medzi LTE800 a DVB-T bola odstránená nasmerovaním prijímacej antény a skvalitnením (výmenou) anténových zvodov, ktoré v mnohých prípadoch tvorili staršie káble s nevyhovujúcimi parametrami.

V ostatných prípadoch bolo prístupné k pridaniu filtračného člena medzi anténu a prijímač, ktorý účinne filtruje nežiaduce signály LTE800 a zároveň nepotlačí užitočný signál DVB-T ani na kanáloch K56 až K60.

Záver

Z výsledkov projektu je zrejmé, že na Slovensku zatiaľ nevznikli vážnejšie problémy s rušením vysielania pozemskej televízie DVB-T od mobilných sietí LTE800. Na vytvorenej mape rušenia sú vyznačené len malé oblasti, v ktorých potenciálne môže vzniknúť rušenie DVB-T, z čoho vyplýva, že interferenciami je ohrozená len malá časť obyvateľstva (celkovo cca 36 000 obyvateľov, čo predstavuje 0,67 % obyvateľstva SR).

Samozrejme, je potrebné vziať do úvahy, že prevádzka siete LTE800 na Slovensku je zatiaľ pomerne malá a operátori budujú svoje siete najmä vo väčších mestách. Podľa individuálnych povolení (IP), ktoré vydal Úrad pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb (RÚ) jednotlivým operátorom sietí LTE, na konci roka 2015 mal každý operátor povinnosť pokrývať signálom LTE800 minimálne 25 % obyvateľstva SR. Keďže príjem pozemskej digitálnej televízie DVB-T využíva cca len tretina obyvateľov SR, ktorí sú prevažne rozmiestnení mimo väčších miest, je pochopiteľné, že zatiaľ ku konfliktným situáciám dochádza len sporadicky.

V budúcnosti sa však táto situácia môže zmeniť, keďže podľa IP už koncom roka 2017 budú musieť mobilní operátori pokrývať sieťou LTE800 50 % obyvateľov a koncom roka 2018 až 70 % obyvateľov.

Očakáva sa, že po roku 2020 nastane úplne nová situácia, keďže podľa navrhovanej a na WRC-15 schválenej tzv. digitálnej dividendy II budú musieť jednotlivé štáty uvoľniť pásmo 694 – 790 MHz pre mobilné širokopásmové služby. Po takejto radikálnej zmene podmienok by mal byť výskum koexistencie vysielania DVB-T/T2 a LTE predmetom ďalších budúcich štúdií a projektov.

Použitá literatúra:

- [1] SENDREI, Lukáš - FELIX, Marián - ORAVEC, Juraj - MARCHEVSKÝ, Stanislav: Coexistence Simulation of DVB-T/T2 and LTE800 in SEAMCAT. Acta electrotechnica et Informatika, No.3, R885/2015, september 2015
- [2] SENDREI, Lukáš - FELIX, Marián - ORAVEC, Juraj - MARCHEVSKÝ, Stanislav: Koexistencia systémov DVB-T/T2 a LTE-800. In: Fórum pre komunikačné technológie: Ročenka CTF 2014. – Banská Bystrica: DALI-BB, 2015, s. 100-106. ISBN 978-80-8141-084-0
- [3] „Protokol o meraní odolnosti prijímačov DVB-T voči signálom LTE800“ č. 01/102/2015/DRS. Výskumný ústav spojov, 2015.
- [4] „Protokol o meraní možného rušenia signálmi LTE v okolí ZS LTE800 pri Banskej Bystrici“ č. 02/102/2015/DRS a č. 03/102/2015/DRS. Výskumný ústav spojov, 2015.
- [5] „Protokol o meraní odolnosti účastníckych káblov voči signálom LTE“ č. 04/102/2015/DRS. Výskumný ústav spojov, 2015.
- [6] „Protokol o meraní filtrov určených na potlačenie signálov LTE pri prijímaní DVB-T“ č. 05/102/2015/DRS. Výskumný ústav spojov, 2015.
- [7] Kolektív riešiteľov projektu APVV-0696-12: „Návrh opatrení vedúcich k predchádzaniu nežiaduceho vzájomného ovplyvňovania systémov LTE800 a DVB-T/T2 použiteľných pre podmienky Slovenska“. Elektronický dokument dostupný na: http://www.vus.sk/apvv/opatrenia_rusenie.pdf. Výskumný ústav spojov, 2015.
- [8] Kolektív riešiteľov projektu APVV-0696-12: „Charakteristiky filtrov. Výsledky praktického výskumu“. Elektronický dokument dostupný na: http://www.vus.sk/apvv/Charakteristiky_filtrov.pdf. Výskumný ústav spojov, 2015.