

Úloha II.P ... problém obchodního cestujícího

5 bodů; průměr 3,71;

řešilo 49 studentů

Když se začínaly prosazovat digitální mobilní telefony, byl často problém se příjmem hovoru v automobilu. Nyní se to nejvíce týká vlaků. Jaké faktory ovlivňují přenos dat v GSM síti a jak mohou ovlivnit dostupnost signálu operátora? Jak by se proti tomu dalo bojovat?

Aleš P. jel zase jednou první třídou ve vlaku a výjimečně ho něco napadlo.

Ako väčšina, ktorí cestujú dlhší čas, tak aj ja využívam cestu užitočne. Zväčša k tomu patrí učenie, prípadne práca. Na väčšinu vecí potrebujem internet, a keďže WiFi sieť vo vlaku funguje len po štátnej hranici, tak mi na území ČR neostáva nič iné ako si vyrobiť WiFi Hotspot. A pritom vidím, ako ten internet (ne)jde. Preto sa dosť často zamýšľam nad tým, či sa to nedá napraviť.

Vozeň ako Faradayova klietka

Na vozeň sa môžeme dívať aj ako na Faradayovu klietku. Je to iba len veľká plechová škatuľa na kolesách, čo iné by sme od toho čakali. Dobre vieme, že Faradayova klietka chráni veci umiestnené v nej pred EM žiarením z okolia. Pravdaže, ak táto klietka je súvislá a nemá v sebe veľké diery. Bežný vagón má okná, prechodové dvere a plno dostatočne veľkých „dier“, ktoré by EM žiarenie (a teda prípadne aj mobilný signál) mali prepustiť dovnútra. Opak je však pravdou. Hlavne u nových vozňov sú okná pokované, obsahujú rôzne fólie alebo prímеси kovov (aby dovnútra neprepúšťali snečné žiarenie, poprípade boli priehľadné len z vnútra von a nie naopak). Práve tieto sklá s prímesami kovov prispievajú k problémom so signálom. Môžeme si všimnúť, že omnoho lepší signál je v starých vozňoch, napr. typu *B*. V nich však na druhú stranu nemáme elektrické zásuvky. Preto moderné vozne používajú zosilňovače mobilného signálu. Tie nájdeme hlavne na nových súpravách v Nemecku.

Vedenie trate v teréne

Vela ľudí si myslí, že vedenie trate v horských podmienkach zhoršuje kvalitu signálu. Česká republika je pokrytá na viacej než 90% mobilným signálom. signálom. V minulosti sa budovali trate hlavne na dopravu materiálu, či ľudí. Logicky teda budú trate vedené v blízkosti ľudských obydľí, a práve tieto miesta mobilní operátori pokrývajú signálom. Takže aj na „lokálke“ (miestna železničná trať, pozn. kor.) v hornatých častiach by ste mali mať celkom dobrý signál.

GSM ako hlavný problém

GSM¹ je tzv. inteligentná sieť. A v tom je problém! GSM sieť narozdiel od internetu požaduje na jej používanie prihlásené zariadenie. Zariadenie (napr. mobil) sa prostredníctvom SIM karty prihlási do siete. Tento proces netrvá dlho (10 s–30 s), lenže pri väčších rýchlostiach vlaku sa zariadenie musí pravidelne prihlasovať k novým vysieláčom, prípadne pokrývačom signálu. Tu vstupuje do hry Faradayova klietka, vďaka ktorej zariadenie hľadá silnejší signál, a teda sa stále skúša prihlasovať na nové a nové siete, čo spôsobuje výpadky signálu.

A ešte jedná fáma, že v blízkosti veľkých miest je lepší signál. Zväčša sa pri samotnej stanici nachádza zriaďovacia, nákladná stanica alebo je vedenie trate ovplyvnené zástavbou. Preto teda vlak v tejto oblasti spomalí aj na polovičnú rýchlosť, a tým sa mobil dokáže prihlásiť od siete na dlhšie a nemusí sa toľkokrát prihlasovať.

¹http://cs.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications

LVZ, GSM-R, ETCS

Zanedbateľným problémom je aj vplyv zabezpečovacieho zariadenia, či už českého LVZ² (LS) alebo slovenského MIREL, ktoré pracujú na $f = 50 \text{ Hz} - 75 \text{ Hz}$, čo sú frekvencie veľmi vzdialené od GSM frekvencií.

ETCS³ – vlakový zabezpečovač – funguje na elektromagnetickej indukcii medzi zbernicou a balízou (zariadenie na trati, pozn. kor.). Pokiaľ nie je balíza indukovaná, tak nevysiela. Teda vysiela len v okamihu prejedenia rušňa.

GSM-R⁴ je súkromná mobilná sieť zriadená SŽDC pre potreby železnice a pre zabezpečovacie zariadenie ETCS-L2 a jej vplyv na vysielanie GSM nie je žiaden.

Vířivé proudy a trakčné vedenie

Trakčné vedenie na elektrifikovaných tratiach spôsobuje vznik vířivých alebo blúdivých prúdov. Rovnako aj tieto prúdy môžu ovplyvňovať kvalitu signálu. Samotné trakčné vedenie (či $\sim 25 \text{ kV}$ alebo $= 3 \text{ kV}$) má len minimálny vplyv. Aj pri rýchlosti $160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ je rozkmit vedenia tak malý, že indukované prúdy na vozni sú zanedbateľné.

Dopplerov jav

GSM využíva pásmo 900 MHz. Konkrétne od 890 MHz do 960 MHz. Toto je rozdelené na 124 kanálov. Jednoducho aproximované je na každý kanál vyčlenených cca 0,5 MHz. Z toho vieme povedať, že ak by sme mali mať problém zo signálov z dôvodu rýchlosti, musela by sa frekvencia vlnenia pôsobením Dopplerovho javu zmeniť o viac ako polovičku rozsahu jedného kanálu. Najväčší posun zaznamenáme, ak sa pohybujeme priamo k vysielateľu alebo od vysielateľa. Maximálna rýchlosť vlaku na území ČR je $v = 160 \text{ km/h} \doteq 44 \text{ m/s}$ (platí teda $v \ll c$). Potom pre $f_0 \approx 900 \text{ MHz}$ dokážeme dopočítať rozdiel frekvencií

$$\Delta f \approx \frac{v}{c} f_0 \doteq 0,000 13 \text{ MHz}.$$

Vidíme, že rozdiel frekvencií spôsobených týmto javom je natoľko malý, že nedokáže ovplyvniť kvalitu signálu.

Hlavný problém je sklbenie dostupnosti GSM siete a pohodlia ľudí. Paradoxne, omnoho menšie problémy so signálom nastávajú v starých vozňoch, na pomalších tratiach.

Takže ak si nabudíte budete vyberať, kam si sadnete, tak uvažujte, či uprednostníte elektrickú zásuvku alebo mobilný signál.

Michal Červeňák
miso@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

²http://cs.wikipedia.org/wiki/Liniový_vlakový_zabezpečovač_LS

³http://cs.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System

⁴<http://cs.wikipedia.org/wiki/GSM-R>