

Přežijí přípojky xDSL rok 2020?

Jiří Vodrážka, Ing. Ph.D.

*Katedra telekomunikační techniky, fakulta elektrotechnická,
České vysoké učení technické v Praze, Technická 2, 166 27 Praha 6
vodrazka@fel.cvut.cz*

Magická číslovka v názvu nastoluje otázku o perspektivách dosavadních metalických vedení v přístupové síti a o nejbližší budoucnosti přípojek xDSL. Dnes již přípojky ADSL2+ začínají postupně nahrazovat první generaci přípojek ADSL v oblasti přístupu domácích uživatelů a menších firem k Internetu. Jaksi v pozadí dosud zůstávaly přípojky s velmi vysokou rychlostí VDSL. Druhá generace přípojek VDSL2, jejíž standardizace je již v konečné fázi, tuto situaci však rychle změní. Vedle vlastností nových variant přípojek přispěvek přináší i výsledky simulací přípojek xDSL z programu, který je k dispozici na Internetových stránkách.

1. Úvod

Metalické přípojky se dnes používají do kmitočtů řádově jednotek MHz (ADSL - Asymmetric Digital Subscribe Line do 1,104 MHz, ADSL2+ až 2,208 MHz) až desítek MHz (VDSL - Very-high-speed Digital Subscribe Line). Pro technické výpočty a simulace dějů v různých technických oborech se často využívá prostředí MATLAB. Pro výpočty a simulace přípojek se nám osvědčil MATLAB Web Server, který umožňuje veřejně publikovat programy např. pro odhad přenosové rychlosti SHDSL, ADSL, VDSL i pro výpočet dalších parametrů – viz [2], [3].

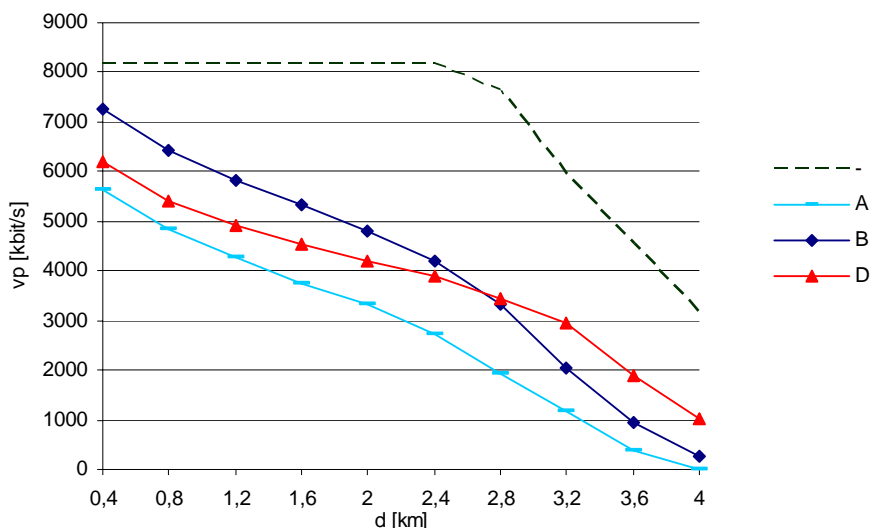
2. Nové varianty xDSL přípojek

Vedle původních standardů ADSL byl schválen v roce 2003 i standard pro ADSL2 druhé generace ITU-T G.992.3, G.992.4. Přínosem ADSL2 je zejména zavedení flexibilní struktury rámce bez pevné délky, která dovolí podstatně snížit režii přenosu a redukovat rychlost odpovídající záhlaví až pod 1 kbit/s. Přenosová rychlost ve směru downstream není již omezena hodnotou 8 Mbit/s. Během přenosu je možno adaptivně přizpůsobovat přenosovou rychlost podle šumových poměrů a měnit i vysílací výkon. Vysílací výkon ve směru downstream se redukuje během provozu, pokud není potřeba přenášet data plnou přenosovou rychlostí bez nutnosti re-inicializace. Z redukované úrovně vysílacího výkonu lze automaticky přejít při absenci přenášených dat do klidového režimu (sleep mode), kdy se vysílá jen s nezbytně nízkou úrovní signál pro udržení spojení a operativně lze přejít opět na plný výkon při obnovení potřeby přenášet data.

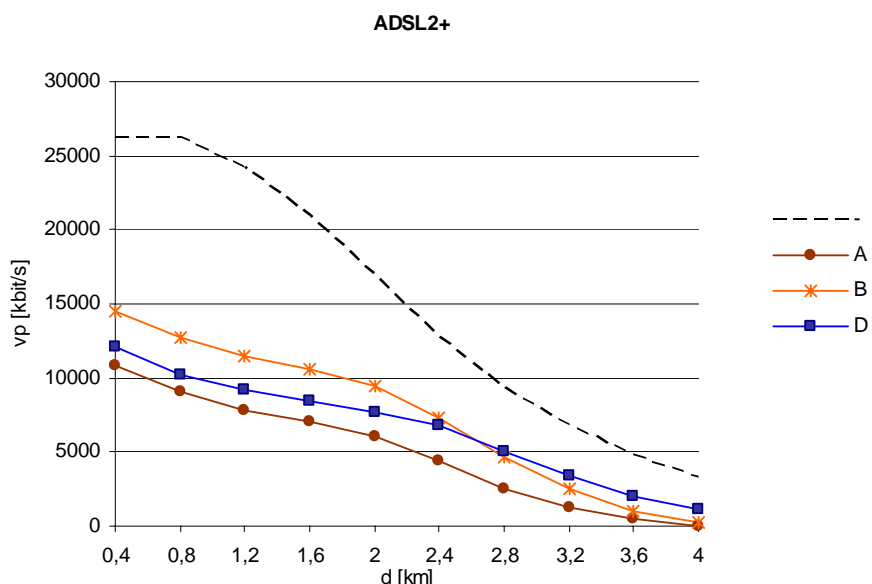
ADSL2 zachovává existující varianty přípojek a přichází navíc s plně digitálním režimem (ADM – All Digital Mode), kdy se obsazuje celé pásmo digitálním přenosem již od 1. subkanálu, takže se zvýší propustnost pro směr upstream až přes 2 Mbit/s (G.992.3 ANNEX J). K tomu přistupuje ještě varianta určená pro dlouhé vzdálenosti RE-ADSL2 (Reach Extended), kde je pásmo upstream naopak zúženo, aby se eliminoval přeslech typu NEXT na kmitočtovém přesahu na rozhraní pásem (G.992.3 ANNEX L).

Nejjednodušší možností, jak zvýšit maximální dostupnou přenosovou rychlost ADSL přípojeky je rozšířit kmitočtové pásmo. Touto cestou jde varianta ADSL2+ (doporučení ITU-T G.992.5) s horním kmitočtem pásma 2,208 MHz (viz porovnání obr. 1 a 2 pro místní kabel 0,4 mm).

Druhá generace VDSL2 připouští oproti původní specifikaci již jen jedinou modulaci DMT (modulace s mnoha nosnými MCM, obdobně jako modulace OFDM) s roztečí subkanálů 4,3125 kHz shodnou s ADSL. Zásadní pokrok je v rozšíření kmitočtového pásma a lze tak využít kmitočty až do 30 MHz, ovšem v tomto případě za cenu zdvojnásobení rozteče subkanálů na 8,625 kHz. Maximální počet subkanálů byl totiž stanoven na 4096, což je mimochodem 16x více než u ADSL, a při rozteči subkanálů 4,3125 kHz to představuje horní kmitočet pásma 17,664 MHz.



Obr. 1 Závislost přenosové rychlosti na délce přípojky pro FDD ADSL over ISDN (i pro ADSL2) pro situaci bez šumu a pro různé šumové modely



Obr. 2 Závislost přenosové rychlosti na délce přípojky pro FDD ADSL2+ over ISDN pro situaci bez šumu a pro různé šumové modely

Podle zpráv od výrobců čipů pro xDSL modemy (např. Infineon technologies) se zdá, že by si přípojky ADSL2 a VDSL2 neměly konkurovat a provozovatelé nebudou muset striktně řešit otázku, zda zavádět technologii ADSL2 či VDSL. Díky stejné modulační metodě DMT lze obě přípojky realizovat stejnými obvody, pouze se podle aplikace zvolí počet subkanálů, tím i šířka pásma, a další specifické parametry. VDSL2 využije v dolní části kmitočtů stejná pásma jako ADSL2 a bude tak dosahovat uspokojivých výsledků i pro delší přípojky (varianta LR-VDSL2 – Long Reach). Pásmo lze využít od 25 kHz pro vzestupný směr - pásmo US0, které může končit na 138 nebo 276 kHz pro kompatibilitu s ADSL/POTS nebo ADSL/ISDN. Omezení přeslechů typu NEXT má napomoci implementace potlačování ozvěn EC (Echo Cancellation). Na druhé straně pro krátké přípojky lze očekávat přenosové rychlosti až 100 Mbit/s (teoreticky až 200 Mbit/s) díky zvýšení horního mezního kmitočtu až na 30 MHz.

3. Program pro odhad přenosové rychlosti i dalších parametrů

Popisovaný program dostupný na adrese <http://matlab.feld.cvut.cz> umožní zadat celou řadu vstupních parametrů pro výpočet a dovolí získat výsledky v různé podobě. V současné době je možné zadat tyto přípojky: SHDSL (doporučení ITU-T G.991.2), ADSL over ISDN (doporučení ITU-T G.992.1 Annex B), ADSL over POTS (doporučení ITU-T G.992.1 Annex A), ADSL2+ over ISDN (doporučení ITU-T G.992.5 Annex B), ADSL2+ over POTS (doporučení ITU-T G.992.5 Annex A), VDSL over ISDN (doporučení ITU-T G.993.1). Dále se volí profil rušení zavedený pro testování modemů:

- A (vysoce zaplněný kabel digitálními systémy- silné rušení)
- B (středně zaplněný kabel)
- C (středně zaplněný kabel jako B + systémy PCM a ISDN-PRA s kódem HDB3)
- D (jen rušení přípojkami stejného typu)
- kombinace technologií

V případě volby rušení kombinací technologií se zadává skladba a počty přípojek souběžně provozovaných v tomtéž kabelu. Navíc je možné přidat uživatelsky změřenou spektrální výkonovou hustotu (PSD) šumu, případně jeho časový průběh na dostatečném časovém úseku. Je též možné zvolit šumovou rezervu (Noise Margin). Obvyklá je hodnota 6 dB. Hodnota 0 dB je hraniční a měla by ještě zajistit chybovost při přenosu menší než 10^{-7} .

Nejpodstatnějším výsledkem simulace je odhadnutá přenosová rychlost pro směr upstream a zejména downstream. Některé výsledky simulací ukazuje obr. 1 a 2 pro místní kabel s průměrem žíly 0,4 mm. Dále lze získat průběhy charakterizující vedení a šum na vstupu přijímače.

4. Parametry pro výpočet vedení a jejich určení

V simulačním programu je možno zadat až 10 úseků různého typu vedení s definovanou délkou úseku, který může být definován jako vedení, či jako nezakončená odbočka (Bridged Tap). Typ kabelu je zejména charakterizován průměrem jádra. Je možno volit mezi těmito typy: typické evropské kabely specifikované dle ETSI v doporučení ITU-T G.996.1 s průměrem jádra 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,9 mm, typický místní čtyřkový kabel TCEPKPFLE z produkce Pražské kabelovny s průměrem jádra 0,4; 0,6; 0,8 mm, vnitřní kabely SXKFY, SYKFY, UCEKFY, UTP cat. 5 (kabel pro LAN do 100 MHz).

Pokud nevyhovuje žádný z uvedených modelů vedení, lze použít nejbližší tvarem frekvenční závislosti s délkou korigovanou jednoduše takto:

$$l' = l \cdot \frac{A(f_{ref})}{A'(f_{ref})} \quad [\text{km; km, dB, dB}] \quad (1)$$

l je skutečná délka úseku

$A(f_{ref})$ je skutečný útlum úseku na referenčním kmitočtu

$A'(f_{ref})$ je útlum použitého modelu vedení délky l na referenčním kmitočtu

Za normálních podmínek se při výpočtu použijí parametry přeslechů podle zvoleného typu vedení. Pro praktické použití se ukázalo účelné zavedení uživatelské volby míry přeslechů. Je nutno zadat hodnoty (získané např. měření) pro nejhorsí případ v kabelu (nejčastěji přeslechy mezi dvojicí vedení v rámci jedné čtyřky):

- Útlum přeslechu na blízkém konci při referenčním kmitočtu $A_{NEXT}(f_{ref})$ v [dB]
- Útlum přeslechu na vzdáleném konci při referenční frekvenci $A_{FEXT}(f_{ref})$ a délce d v [dB]
- Útlum vedení při referenční frekvenci $A(f_{ref})$ v [dB] a při délce d
- Referenční frekvence f_{ref} v [kHz]
- Délka vedení d v [km]

Lze doporučit změření útlumu přeslechu NEXT v širším kmitočtovém rozsahu a podložení závislosti přímkou se směrnici 15 dB/dek. v logaritmických souřadnicích frekvence. Parametry používané v modelech přeslechů lze vyjádřit následovně:

$$K_{NEXT} = \frac{10^{\frac{A_{NEXT}(f_{ref})}{10}}}{\sqrt{f_{ref}^3}} \quad (2)$$

$$K_{FEXT} = \frac{10^{\frac{A(f_{ref}) - A_{FEXT}(f_{ref})}{10}}}{f_{ref}^2 \cdot d} \quad (3)$$

Snadno je možné změřit útlum přeslechu na blízkém konci, kdy je přijímač i vysílač na stejné straně vedení. Pro přepočítání mezi útlumem přeslechu na blízkém a vzdáleném konci lze použít vztah

$$A_{FEXT}(f_{ref}) = 18 + A_{NEXT}(f_{ref}) + A(f_{ref}) - 10 \cdot \log A(f_{ref}) - 5 \cdot \log f_{ref} \quad (4)$$

kde význam veličin a použité jednotky jsou uvedeny výše.

5. Závěr

Lze předpokládat, že přípojky xDSL budou používány ještě minimálně 10 let a po tuto dobu budou nejvýznamnějším způsobem připojení k Internetu pro domácnosti v ČR. Do roku 2010 až 2012 se bude postupně přecházet ze současného řešení FTTEs s účastnickým multiplexorem DSLAM v místě hlavního rozvodu ústředny na FTTCab a rozšířenou variantu ADSL2+ s rychlostmi až 20 Mbit/s, která dovolí i přenos digitálního videosignálu HDTV. Další vývoj hovoří pro VDSL2 s architekturou FTTC a FTTB s rychlostmi 50 až 100 Mbit/s. Extrémní rychlosti dovolí potlačování přeslechů FEXT díky modulaci vectored DMT. I když postupně získá výraznější zastoupení optické vlákno přivedené až do účastnické zásuvky, metalická vedení budou využívána ve značné míře ještě minimálně dvě další desetiletí.

Příspěvek vznikl za podpory AV ČR v projektu NPV IET300750402.

Literatura

- [1] Vodrážka, J.: Nové varianty přípojek ADSL. Access server on-line. Praha 2005. ISSN 1214-9675. <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2004120301>
- [2] Vodrážka, J.: Výpočet přenosové rychlosti přípojky ADSL. Matlab server on-line. Praha 2005. <http://matlab.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2005033101>
- [3] Vodrážka, J.: Simulace přípojek xDSL. Matlab server on-line. Praha 2005. <http://matlab.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2005071801>
- [4] Vodrážka, J.: Modely pro symetrické páry v místních kabelech. <http://www.elektrorevue.cz/clanky/04056/>
- [5] Vodrážka, J.: Přeslechy a jejich modelování. <http://www.elektrorevue.cz/clanky/02061/>
- [6] ETSI TS 101 388 V1.3.1 (2002-05) - Technical Specification: Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) - European specific requirements.
- [7] Doporučení ITU-T G.992.3 Asymmetrical Digital Subscriber Line transceivers 2 (ADSL2).
- [8] Doporučení ITU-T G.992.5 Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers - Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+)
- [9] Doporučení ITU-T G.993.2 Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)