

Hodnoty SNR na účastnických vedeních

Eduard Lyko

Katedra elektroniky a telekomunikační techniky, FEI, VŠB – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15, 708 33, Ostrava-Poruba
eduard.lyko@vsb.cz

Abstrakt. Význam parametru odstupu signálu od šumu, označovaný SNR¹, s postupem digitální techniky ve svém významu oslaboval. Avšak v nově zaváděných systémech ADSL², v jednotkách pro zavedení klasické telefonní linky na digitální provoz s asymetričností rychlostí obou směrů jde o "vzkříšení" tohoto parametru v digitálním světě. Hodnota SNR je právě tou rozhodující, která stanoví velikost přenosové rychlosti na účastnické lince.

Příspěvek se navíc zabývá parametrem odstupu signálu od šumu v podmínkách bez náhodných jevů, avšak s ohledem na vzdálenost účastníka (ATU-R) a přípojného bodu místní ústředny (ATU-C). Základní otázka, na kterou by měl příspěvek odpovědět zní:

Lze provést odhad hodnoty SNR při různých vzdálenostech účastníka od místní ústředny?

Klíčová slova: ADSL systém, hodnota odstupu signálu od šumu, SNR(f), nastavení přenosové rychlosti

1 Úvod

Systémy ADSL jsou vlastně konvertory přeměňující digitální datový signál koncového zařízení na signál analogový, který je rozdělený na pásma pro směr od účastníka k ústředně a pro opačný směr. Přičemž kmitočtový rozsah pro směr od účastníka je v dolním kmitočtovém pásmu a je podstatně užší s ohledem na nižší přenosovou rychlost. Naopak horní kmitočtové pásmo je širší pro potřeby přenosu vyšších rychlostí (cca 8 Mbit/s), tím se zajišťuje asymetričnost přenosových rychlostí. Na druhé straně účastnické linky je opačná funkce systému.

Každé pásmo je rozdělené na subkanály s šířkou 4,3215 kHz, jeho vysílaná napětíová úroveň závisí na hodnotě SNR(f). Jeden subkanál může "nést" až 12 bitů. Při malých hodnotách SNR(f) třeba žádný. Systém je velice adaptivní, před každou další komunikací si sám změří úroveň SNR(f) a také nastaví přenosovou rychlost.

Tedy hodnota SNR pro komunikaci přes tyto systémy je klíčová.

Všechna měření byla prováděná na různých délkách, stejném typu stíněného místního kabelu.

¹ Signal-to-Noise Ratio

² Asymmetric Digital Subscriber Line

2 Teoretický základ

Při přenosu v analogovém kanálu je nezbytností zachování tvaru přenášeného signálu. Základním hlediskem pro hodnocení tohoto požadavku je poměr středního výkonu signálu P_s a výkonu rušení (hluk) P_h . Častěji se užívá logaritmické vyjádření

$$\text{SNR} = 10 \log \frac{P_s}{P_h} \quad [\text{dB}]$$

Možné rušivé procesy lze kvalifikovat s ohledem na jejich působení:

a./ Aditivní se sčítají se signálem

b./ Multiplikativní představují časové změny parametrů kanálů

V dalším dělení je popsán původ rušení. V systémech ADSL snad největší význam mají původy: Rušivé procesy vznikající působením sdělovacích signálů, rušivé procesy způsobené cizími vnějšími zdroji (vř. vysílače) a atmosférické rušení. Se zvětšující se délkou kabelu se zvyšuje úroveň rušivého signálu. Zjednodušující podmínkou bylo zavedení prostředí, kde nenastane žádný stochastický jev.

3 Praktická měření hodnot SNR

Okolí kabelu bylo zajištěno ve vhodném homogenním prostředí, tak aby nedocházelo k náhodným rušením. Jako základního přenosového média bylo využito místních stíněných symetrických kabelů o sedmi různých délkách, označených písmeny T až Z ve vzestupné délkové řadě. Po změření hodnot odstupe signálu od šumu příslušného kabelu byla provedena realizace komunikace v místní smyčce tzn. mezi ATU-R a ATU-C. Je nutné upozornit, že při použití kabelu Z-délky 3608 m- již nebyly jednotky schopné navázat komunikaci. Tento případ je již krajním extrémem, nám poslouží k vyjádření již neúnosných hodnot SNR.

Velikost hodnoty SNR je proměnná s ohledem na použitý kmitočet. U systémů ADSL se podle doporučení ³ G 992.1 používá 256 kmitočetů (subkanálů) s jednotnou šířkou 4,3125 kHz.

Jen pro tento účel bylo změřeno více jak 3 584 hodnot, zde je nutné započítat i měření hodnot vložného útlumu, bez jehož znalosti nelze zjišťovat hodnoty SNR. Proto pro zjednodušení prezentace jsou vybrány jen charakteristické a hraniční kmitočty systému ADSL.

³ ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)

K zjišťování hodnot bylo použito měřicího přístroje SunSet xDSL, vyrobeného v San Jose, CA. Nastavování kmitočtových hodnot subkanálů je prováděné automaticky.

3.1 Přehled hodnot SNR na všech měřených kabelech

Délky kabelů byly vybrány náhodně a to s ohledem na to, aby nešlo o násobky délky některého z kabelů. Pro jednodušší identifikaci jsou jednotlivé kabely označeny velkými písmeny.

Tabulka 1. Hodnoty SNR(f) [dB] zjištěné na příslušných délkách kabelů.

Délka kabelu [m]	705	1021	1251	1568	1799	1996	3608
f_s [kHz]	T	U	V	W	X	Y	Z
26	74,5	72,6	71	69,1	67,7	66,4	60,1
82	74,1	60,9	61,5	61,3	55,1	58,2	54,3
138	73,3	70,4	67,9	64,8	62,9	61	51,4
276	71,8	68,1	65,3	61,5	58,9	56,7	45,3
414	70,3	65,9	62,6	58,2	55,7	53,1	39,5
552	69	63,9	60,1	54,8	51,8	48,7	34,6
690	47,6	42,2	37,9	32,2	27,7	24,4	9
828	66,6	59,7	54,6	49,2	43,8	38,9	21,2
1104	65,1	58,3	52,8	44,4	41,1	37,5	20

3.2 Hodnoty SNR v závislosti na kmitočtech

Nejdříve bylo nutné sledovat vzájemné relace parametrů SNR na vybraných kmitočtech. Jako konstantní hodnota-parametr zůstaly délky kabelů, které se zde vyjadřují pomocně v poměrech. Tento poměr zůstává pro každý jeden případ měření stejný. Výběr hodnot kmitočtů byl již zmíněn.

Vlastní hodnota SNR je v nepřímé úměrnosti k délce vedení, z toho důvodu jsou podíly těchto hodnot vzájemně reciproké.

Vyjádření vzájemných relací je v následující tabulce.

Tabulka 2. Relativní hodnoty SNR(f) [dB] zjištěné na příslušných délkách kabelů.

f_s [kHz]	T	U	$\text{SNR}_T / \text{SNR}_U$	V	$\text{SNR}_T / \text{SNR}_V$	Y	$\text{SNR}_T / \text{SNR}_Y$	Z	$\text{SNR}_T / \text{SNR}_Z$
26	74,5	72,6	1,03	71	1,05	66,4	1,12	60,1	1,24
82	74,1	60,9	1,22	61,5	1,20	58,2	1,27	54,3	1,36
138	73,3	70,4	1,04	67,9	1,08	61	1,20	51,4	1,43
276	71,8	68,1	1,05	65,3	1,10	56,7	1,27	45,3	1,58
414	70,3	65,9	1,07	62,6	1,12	53,1	1,32	39,5	1,78
552	69	63,9	1,08	60,1	1,15	48,7	1,42	34,6	1,99
690	47,6	42,2	1,13	37,9	1,26	24,4	1,95	9	5,29
828	66,6	59,7	1,12	54,6	1,22	38,9	1,71	21,2	3,14
1104	65,1	58,3	1,12	52,8	1,23	37,5	1,74	20	3,26

Přitom je nutné si uvědomit jaký je poměr délek, nejmenší je u kabelů U/ T= 1,45 naopak největší Z/ T= 5,21

3.3 Hodnoty SNR v závislosti na délkách kabelů

Z předcházejícího měření a jeho popisu je zjevné, že existuje souvislost mezi hodnotou SNR a délkou kabelu. Parametrem zde zůstává sledovaný kmitočet. Pro tento účel jsou vybrány tři kmitočty. Jeden je z počátku měřeného kmitočtového pásma systému ADSL tj. 26 kHz, druhý a třetí pak v oblasti s menšími hodnotami SNR, tzn. při kmitočtech 690 a 828 kHz.

3.3.1 Odstup signálu od šumu na začátku přeloženého pásma

Kmitočet 26 kHz spadá do kmitočtového pásma pro směr vzestupný tj. směr od účastníka, proto by se mohl zdát nezajímavým z hlediska provozování telekomunikačních služeb. Pro nás však představuje počátek rozsahu, který má zásadní význam v sledování vývoje následných matematických funkcí.

Tabulka 3. Hodnoty SNR(l) [dB] v závislostech na délkách vedení (pro $f=26$ kHz).

l [m]	705	1021	1251	1568	1799	1996	3608
SNR [dB]	74,5	72,6	71	69,1	67,7	66,4	60,1

3.3.2 Odstup signálu od šumu v oblasti jeho snížené úrovně

Již byla zmíněná oblast se sníženým odstupem užitečného signálu a šumu.

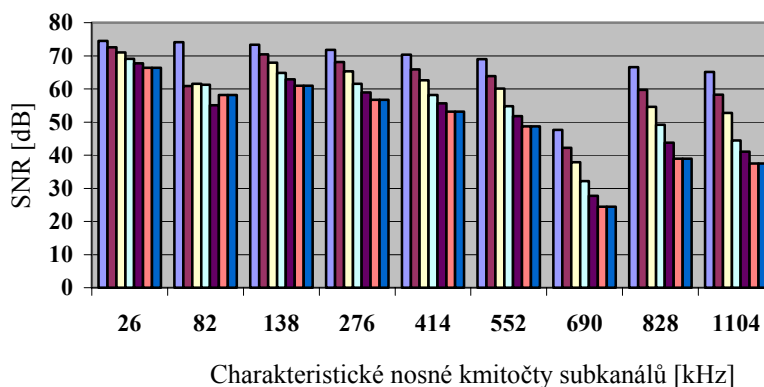
Tabulka 4. Hodnoty SNR(l) [dB] v závislostech na délkách vedení pro dva kmitočty.

f =690 kHz							
l [m]	705	1021	1251	1568	1799	1996	3608
SNR [dB]	47,6	42,2	37,9	32,2	27,7	24,4	9
f =828 kHz							
SNR [dB]	66,6	59,7	54,6	49,2	43,8	38,9	21,2

4 Závěr

Následující graf ilustruje SNR jako funkci vybraných kmitočtů na jednotlivých přenosových prostředích.

Obr.1. Hodnoty SNR(f) na měřených kabelech (v pořadí T,U,V,W,X,Y,Z)



Je možné provést závěry, které platí pro uložený kabel v elektricky homogenním prostředí:

1. Se zvyšováním kmitočtu pro zjištění hodnoty SNR -SNR(f)- se snižuje hodnota odstupů užitečného signálu od šumu. V našem případě byl v absolutních hodnotách největší rozdíl 28,5 dB ,to bylo ve stavu,kdy probíhala normální komunikace. V relativních hodnotách byl rozdíl 0,614012.

2. V praktických měřeních s ohledem na předcházející vyvození je možné tuto proceduru zrychlit. Nejdříve zjistíme přítomnost cizích rušivých polí zasahujících do měřeného páru s jeho úrovní. Potom zjišťujeme hodnotu SNR pouze u nejvyšší použité frekvence systému ADSL.

3. Zvětšováním délky kabelu při konstantním přenášeném kmitočtu opět snižuje hodnotu SNR. Stanovení sledovaných kmitočtu je jednoznačné. Je-li případ nadměrného zvýšení SNR v relativním vyjádření, nebo nadměrné snížení v absolutním vyjádření SNR, pak je to jedním základním bodem. Druhý bod je maximální přenášený kmitočet. Následuje porovnání a výběr ze dvou charakteristických hodnot v souladu se sledovaným cílem.

Je nutné si uvědomit, že směrnice funkce SNR má ostřejší úhel klesání pro kmitočty vyšší.

Směrnici vývojového trendu hodnot SNR lze vyjádřit limitou kde $f_n \rightarrow f_{n-1}$:

$$k = \lim_{f_n \rightarrow f_{n-1}} \frac{\text{SNR}(f_n) - \text{SNR}(f_{n-1})}{f_n - f_{n-1}}$$

4. V praktickém zavádění systémů ADSL pracujících na stejných typech kabelů, na stejné kabelové trase, avšak s účastníky různě vzdálenými od ústředny je možné zrychlit instalaci.

Zrychlení měření pro instalaci různě vzdálených ATU-C a ATU-R spočívá ve zjištění hodnoty SNR na maximálním přenášeném kmitočtu, existuje-li i kritická kmitočtová oblast pak i tato hodnota SNR je velice důležitá.

Porovnáním hodnot SNR(l) lze získat představu o dosažitelnosti přenosových rychlostí na několika účastnických linkách provozovaných současně.

Reference

1. PE : *Širokopásmová přístupová zařízení pro účastnická metalická vedení* Sdělovací technika s.8-10 č. 6 Praha 1999
2. Starr T., Coffi J.M., : *Understanding Digital Subscriber Line Technology*. Prentice Hall PTR, upper Saddle River, NJ 07458 1999. ISBN 0-13-780545-4.
3. Mallikarjun Tatipamula & : *Multimedia Communications Networks*. Artech House, Boston-London 1998. ISBN 0-89006-936-0

Annotation.

Value SNR on the subscriber lines

The parameter Signal-to-Noise Ratio leaves slowly from our digital world. But its force raise again with the xDSL technology.

The level of Signal-to-Noise Ratio selects bit rate inside of the subscriber line. Main intent of the contribution is aimed to describe of dependence SNR parameter to transmission frequency and length of cables.