

Hodnocení kvality telefonního přenosu pomocí E-modelu

Autor: Ing. Jiří Vodrážka, Ph.D. <vodrazka(at)feld.cvut.cz>, Téma: QoS, Vydáno dne: 01. 12. 2004

S nástupem mobilních sítí, sítí nové generace (NGN), použitím účinných metod komprese hovorového signálu a přenosem Voice over IP je spjat rozvoj nových metod pro určování a měření kvalitativních parametrů telefonní sítě.

Kodeky využívající parametrické metody kódování (např. v mobilní síti GSM) vyžadují odlišné metody kvalitativního posuzování (VTQOS - Voice Transmission Quality of Service) stejně tak jako sítě, využívající odlišný způsob přepojování (VoP - Voice over IP, NGN - Next Generation Network).

Pro subjektivní hodnocení byla zavedena bodová stupnice MOS (Mean Opinion Score) 1 až 5, která se používá i pro objektivní měřicí metody (PSQM - Perceptual Speech Quality Measurement, PAMS - Perceptual Analysis Measurement System, doporučení ITU-T P.861, P.862).

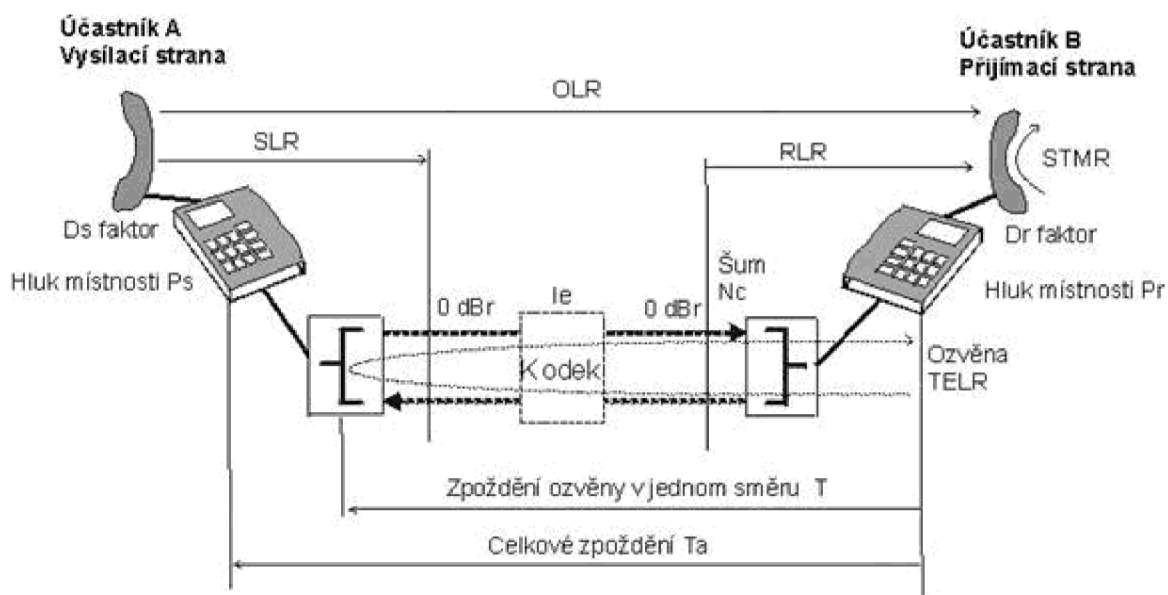
E-model a faktor R

K posuzování kvality telefonní komunikace a pro potřeby plánování sítí byl vytvořen tzv. E-model (Ear), definovaný v doporučení ITU-T G.107 a ITU-T G.108. Výsledný faktor R (Rating), který nabývá hodnot od 0 do 100 (akceptovatelná hodnota 50 až 100), zohledňuje vliv šumu, hlasitosti, kvantizačního zkreslení, způsobu kódování, ozvěny, zpoždění atd.. Tab. 1 znázorňuje přiřazení hodnot R kvalitativní kategorii. Telefonní spoje s ohodnocením méně než 50 se nedoporučuje provozovat.

Rozsah faktoru R	Jakost přenosu řeči
90 $\bar{U} < 100$	Nejlepší
80 $\bar{U} < 90$	Vysoká
70 $\bar{U} < 80$	Střední
60 $\bar{U} < 70$	Nízká
50 $\bar{U} < 60$	Špatná

Tab. 1 Přiřazení hodnot R kvalitativní kategorii

Faktor R se stanovuje pro celý přenosový řetězec mezi akustickými rozhraními telefonní sítě, tzn. že zohledňuje nejen vlastní telefonní kanál, ale i koncové zařízení. Přenosový řetězec hodnocený faktorem R se zvýrazněnými nejdůležitějšími vlivy na kvalitu přenosu hovorového signálu ukazuje obr. 1.



Obr. 1 Znázornění hodnoceného přenosového řetězce s nejdůležitějšími vlivy na kvalitu

OLR (Overall Loudness Rating) - celková míra hlasitosti

RLR (Receive Loudness Rating) - míra hlasitosti v přijímacím směru
 SLR (Send Loudness Rating) - míra hlasitosti ve vysílacím směru
 STMR (Sidetone Masking Rating) - míra potlačení vlastního hovoru
 T (Mean one-way Delay of the Echo Path) - zpoždění ozvěny (v jednom směru)
 T_a (Absolute Delay) - celkové zpoždění
 TELR (Talker Echo Loudness Rating) - míra hlasitosti ozvěny na straně hovořícího
 I_e (Equipment Impairment Factor) - faktor zhoršení vlivem nízkorychlostních kodeků

Plán přenosových parametrů

E-model se zavádí i v souvislosti s novým plánem přenosových parametrů v ČR. Dříve byl pro síť vypracován útlumový plán tak, aby účastníci mezi různými body sítě neměli podstatně rozdílné podmínky pro telefonní spojení. Podstatný parametr pro analogové sítě byl **vztažný útlum** RE (Reference Equivalent). Bylo předepsáno rozložení útlumu v analogové síti mezi mezinárodní úseky, tranzitní, místní a přípojná vedení. Pro přesnější popis byl zaveden korigovaný vztažný útlum CRE (Corrected RE). Význam vztažného útlumu klesal s digitalizací sítě a je zcela bezpředmětný v plně digitální síti ISDN, kde i na účastnických přípojkách probíhá digitální přenos a na úroňové poměry mají vliv pouze koncová zařízení (analogové elektrické i akustické části telefonních přístrojů). Pro ně je zaveden parametr **míra hlasitosti** LR (Loudness Rating).

Pro dnešní síť není postačující předepsání útlumových poměrů pomocí míry hlasitosti (OLR, SLR, RLR), ale jsou podstatné limity pro dobu zpoždění, míru ozvěn a použití nízkorychlostních kodeků. Pro komplexní hodnocení všech vlivů se používá právě faktor R.

Způsob výpočtu faktoru R

Základní podobu faktoru R vyjadřuje následující vztah:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A$$

R_0 - výchozí hodnota odvozená z poměru signálu a šumu

I_s - zhoršení způsobené lineárním zkreslením

I_d - zhoršení způsobené zpožděním

I_e - zhoršení způsobené nelineárním zkreslením

A - faktor očekávání zohledňuje nižší nároky účastníků při jiných výhodách oproti konvenční síti (např. mobilita)

Pro potřeby praktických výpočtů a rozdělení faktoru R v jednotlivých částech sítě je účelné zavést celkové zhoršení I_{tot} vztahem:

$$R = 100 - I_{tot} + A$$

kde I_{tot} zahrnuje všechny vlivy na zhoršení kvality:

$$I_{tot} = I_o + I_q + I_{dte} + I_{dd} + I_{eff}$$

I_o (Impairment Factor - noise and loudness rating) - faktor zhoršení vlivem šumu a odchylky míry hlasitosti

I_q (Impairment Factor - quantizing distortion) - faktor zhoršení vlivem kvantizačního zkreslení

I_{dte} (Impairment Factor - talker echo) - faktor zhoršení vlivem ozvěny

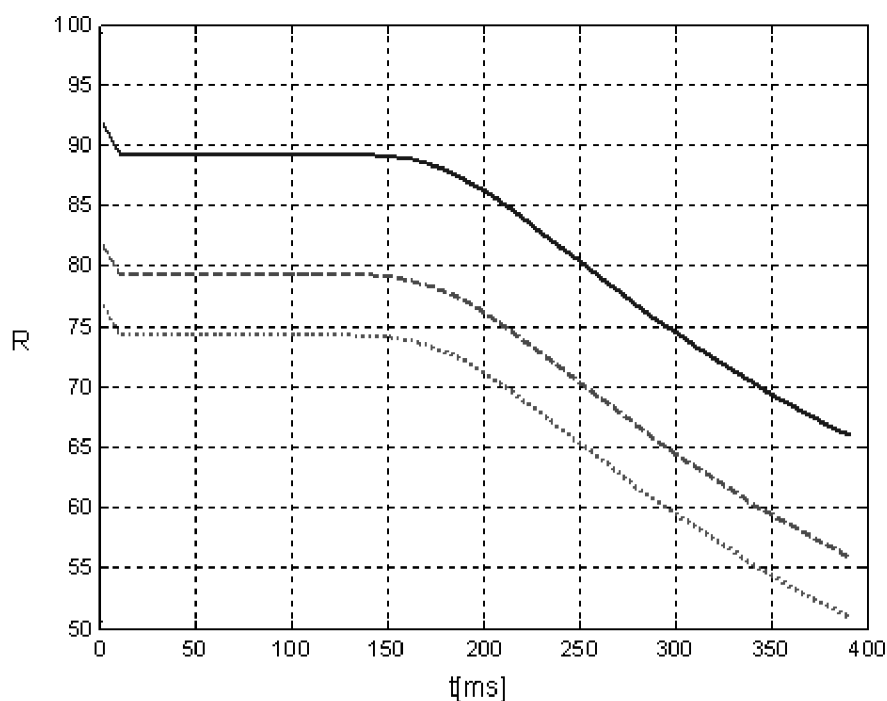
I_{dd} (Impairment Caused by too-long Absolute Delay) - faktor zhoršení vlivem zpoždění

I_{eff} (Effective Equipment Impairment Factor) - faktor zhoršení vlivem nízkorychlostních kodeků zahrnující ztrátovost paketů

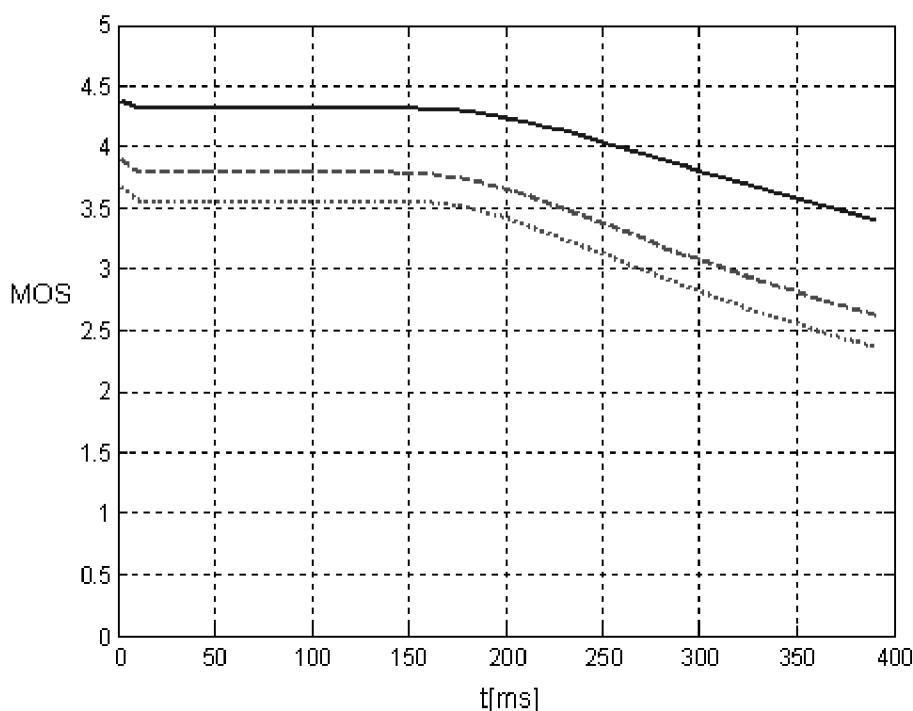
Výpočet pro konkrétní vstupní hodnoty lze provést pomocí modelu dostupného na webovém serveru

<http://matlab.feld.cvut.cz>.

Ukážeme si několik typických případů, na kterých budeme demonstrovat vliv důležitých parametrů telefonního spoje na faktor R . Na obr. 2 je znázorněn vliv narůstající doby zpoždění pro telefonní spoj realizovaný klasickým digitálním PCM okruhem s přenosovou rychlostí 64 kbit/s v porovnání se spojem v GSM síti s kodekem RPE-LTP s přenosovou rychlostí 13 kbit/s při započtení faktoru $A=10$ a v porovnání se spojem s nízkorychlostním kodekem P-MLQ podle doporučení ITU-T G.723.1 s přenosovou rychlostí 6,3 kbit/s. Na obr. 3 jsou pak stejné charakteristiky přepočtené na stupnici MOS.

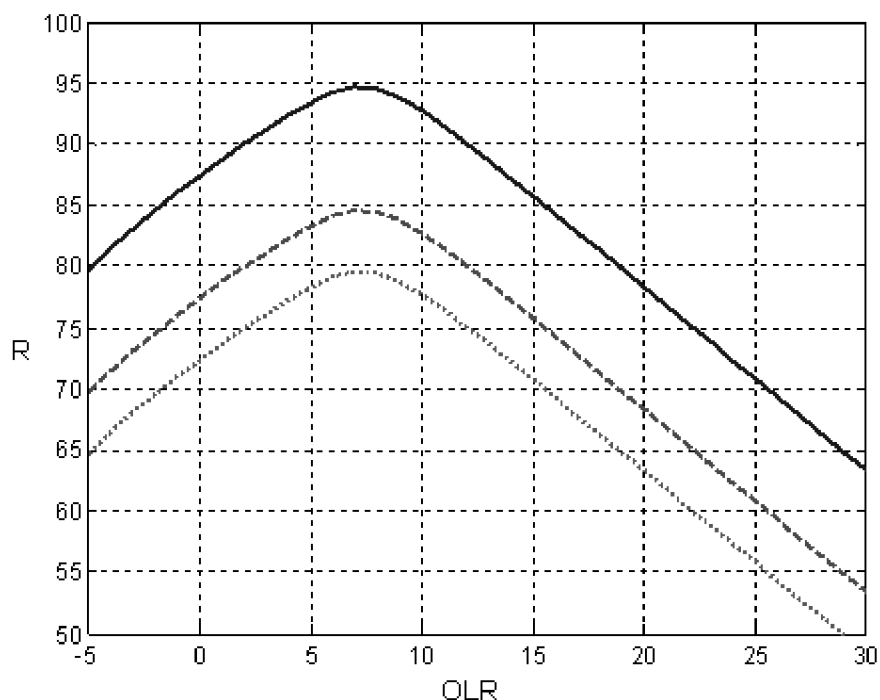


Obr. 2 Vliv doby zpoždění na faktor R (PSTN 64 kbit/s – plná čára, GSM 13 kbit/s – čárkovaně, kodek G.723.1 6,3 kbit/s – tečkovaně)

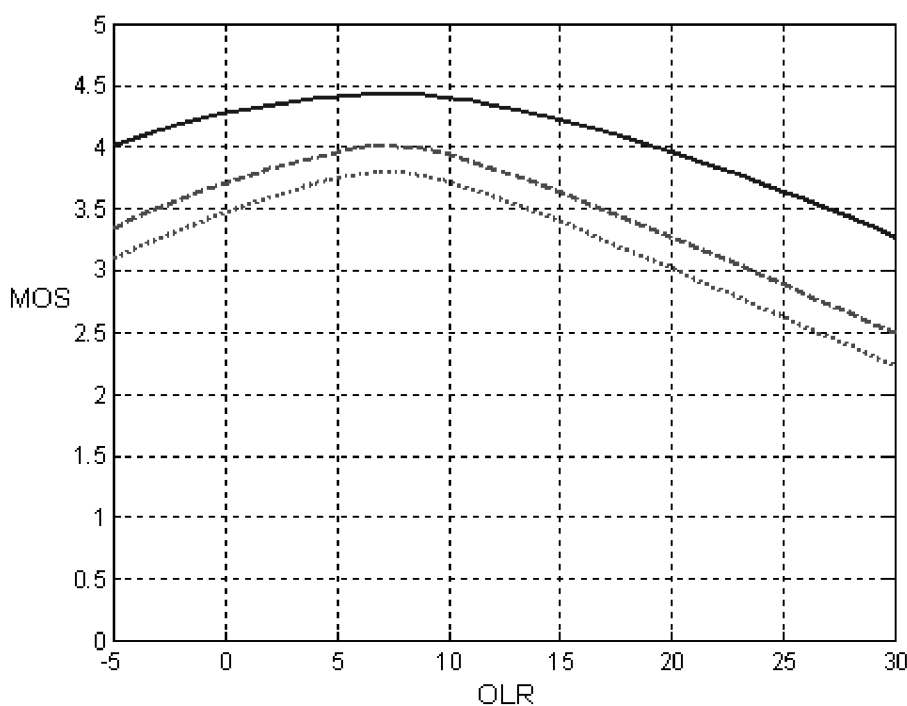


Obr. 3 Vliv doby zpoždění na MOS (PSTN 64 kbit/s – plná čára, GSM 13 kbit/s – čárkovaně, kodek G.723.1 6,3 kbit/s – tečkovaně)

Obr. 4 a 5 ukazují obdobné závislosti pro proměnnou celkovou míru hlasitosti OLR při konstantní době zpoždění 10 ms (pozn. pro síť GSM a IP by bylo zpoždění v praxi vyšší). Je zřejmé, že optimální míra hlasitosti OLR je kolem hodnoty 7.



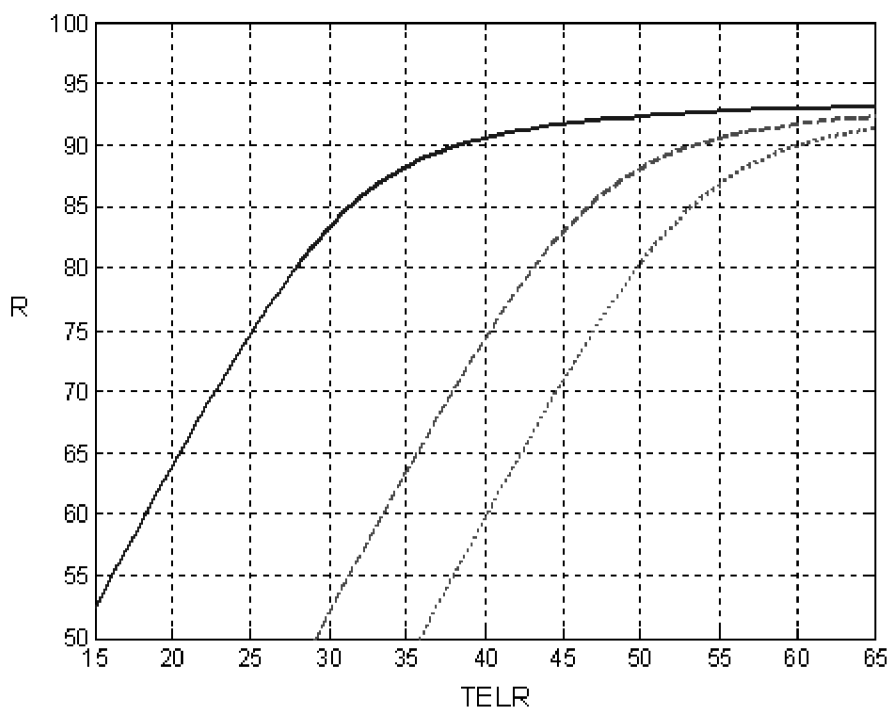
Obr. 4 Vliv míry hlasitosti na faktor R (PSTN 64 kbit/s – plná čára, GSM 13 kbit/s – čárkovaně, kodek G.723.1 6,3 kbit/s – tečkovaně) pro zpoždění 10 ms



Obr. 5 Vliv míry hlasitosti na MOS (PSTN 64 kbit/s – plná čára, GSM 13 kbit/s – čárkovaně, kodek G.723.1 6,3 kbit/s – tečkovaně)

kbit/s – tečkovaně) pro zpoždění 10 ms

Na obr. 6 je znázorněn vliv míry hlasitosti na straně hovořícího na faktor R při klasickém kódování PCM (ITU-T G.711) při různých dobách zpoždění. Při větších dobách zpoždění (od přibližně 15 až 20 ms) nepostačuje potlačení pomocí vidlice a telefonní okruhy je nutno vybavovat obvody pro potlačení ozvěn, které TELR dokáží zvýšit až na 65 dB.



Obr. 6 Vliv míry hlasitosti ozvěn na faktor R pro PCM kódování 64 kbit/s pro různé doby zpoždění (10 ms - plná čára, 50 ms - čárkovaně, 100 ms - tečkovaná čára)

Je zřejmé, že zpoždění při přenosu a použití nízkorychlostních kodeků jsou zásadní rizikové faktory snižující kvalitu přenosu hovorového signálu v sítích nové generace. Je potřeba nastavit parametry sítě tak, aby byla zachována vyhovující hodnota faktoru R (nejlépe vyšší než 60) i při spolupráci sítí různého typu a propojení privátních sítí.

Příspěvek vznikl v rámci projektu „Specifikace kvalitativních kritérií a optimalizace prostředků pro vysokorychlostní přístupové sítě“ v programu „Informační společnost“ Tématického programu II (TP2) Národního programu výzkumu.

Odkazy

- [1] Doporučení ITU-T G.107 (03-2003). The E-Model, a computational model for use in transmission planning.
- [2] Doporučení ITU-T G.108 (09-1999). Application of the E-model: A planning guide.
- [3] Doporučení ITU-T G.108.1 (05-2000). Guidance for assessing conversational speech transmission quality effects not covered by the E-model.
- [4] Doporučení ITU-T G.108.2 (01-2003). Transmission planning aspects of echo cancellers.
- [5] Doporučení ITU-T G.109 (09-1999). Definition of categories of speech transmission quality.
- [6] Doporučení ITU-T G.113 (02-2001). Transmission impairments due to speech processing.