

Kvalita hovorového signálu v kombinovaných telefonních sítích

Jiří Vodrážka

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická,
Katedra telekomunikační techniky, e-mail: vodrazka@fel.cvut.cz

Abstrakt: *V roce 2005 byl vydán pro ČR plán přenosových parametrů mající významný dopad na návrh a provoz sítí poskytujících veřejnou telefonní službu, včetně tzv. sítí nové generace NGN pracujících na základě protokolu IP. Pro dnešní digitální síť není prioritní předepsání útlumových poměrů pomocí míry hlasitosti, jak tomu bylo ještě za éry analogových sítí, ale jsou podstatné limity pro dobu zpoždění, míru ozvěn a použití nízkorychlostních kodeků. Požaduje se komplexní hodnocení všech vlivů na kvalitu hovorové komunikace. Uvedené trendy plán přenosových parametrů, vytvářený již během roku 2004 v rámci pracovní skupiny APVTS, zohledňuje. Příspěvek seznamuje se základními parametry předepsanými plánem přenosových parametrů a dále s E-modelem a faktorem R, který plán využívá jako nástroj pro sledování kvality a plánování sítí. Ukazuje praktické dopady plánu přenosových parametrů na některých typických situacích v síti. Představí použití výpočetního programu dostupného na webových stránkách katedry telekomunikační techniky ČVUT v Praze, FEL.*

1 Úvod

Když se v telefonních sítích ještě používaly analogové přenosové prostředky, byl pro síť vypracováván útlumový plán tak, aby účastníci mezi různými body sítě neměli podstatně rozdílné podmínky pro telefonní spojení. Podstatný parametr pro analogové síť byl tzv. vztažný útlum RE (Reference Equivalent) stanovený s ohledem na referenční přenosovou cestu. 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 sítí 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 elektric-

ké i akustické části telefonních přístrojů). Pro ně je zaveden parametr nazývaný míra hlasitosti LR (Loudness Rating) rozdělovaný na celkovou míru hlasitosti (Overall – OLR), míru hlasitosti ve vysílacím směru (Send – SLR) a míru hlasitosti v přijímacím směru (Receive – RLR).

Pro dnešní digitální sítě (ISDN, NGN) a zejména sítě využívající přenos pomocí protokolu IP (Voice over IP) není prioritní předepsání útlumových poměrů pomocí míry hlasitosti, ale jsou podstatné limity pro dobu zpoždění, míru ozvěny a použití nízkorychlostních kodeků. Požaduje se komplexní hodnocení všech vlivů na kvalitu hovorové komunikace.

Pro takové hodnocení prováděné subjektivně na vzorku populace byl zaveden parametr MOS (Mean Opinion Score). Je výsledkem statistické zpracování subjektivního hodnocení kvality hovorové komunikace posluchači a používá bodovou stupnici 1 až 5. I řada objektivních metod měření poskytuje parametr MOS jako výsledek srovnatelný se subjektivním hodnocením. K tomu, aby výsledky měření byly vypovídající, slouží psycho-akustické modely vnímání řeči implementované do měřicích algoritmů.

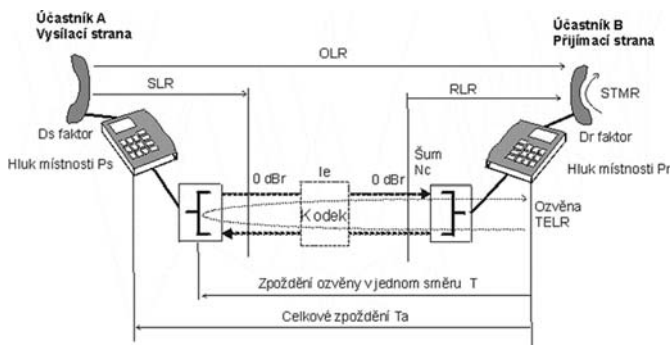
2 E-model

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 \leq R < 100	Nejlepší
80 \leq R < 90	Vysoká
70 \leq R < 80	Střední
60 \leq R < 70	Nízká
50 \leq R < 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

Význam použitých parametrů:

- 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

Typ kodeku	Přenosová rychlost [kbit/s]	I_e
PCM G.711	64	0
ADPCM G.721(1988), G.726, G.727	32	7
LD-CELP G.728	16	7
CS-ACELP G.729	8	10
GSM Full-rate (RPE-LTP)	13	20
GSM Half-rate (VSELP)	5.6	23
GSM Enhanced (ACELP)	12.2	5
ACELP G.723.1	5.3	19
MP-MLQ G.723.1	6.3	15

Tab. 2: Parametr I_e pro různé typy kodeků a přenosové rychlosti

Základní způsob vyjádření faktoru R vyjadřuje vztah (1).

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A \quad (1)$$

- 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 (2).

$$R = 100 - I_{tot} + A \quad (2)$$

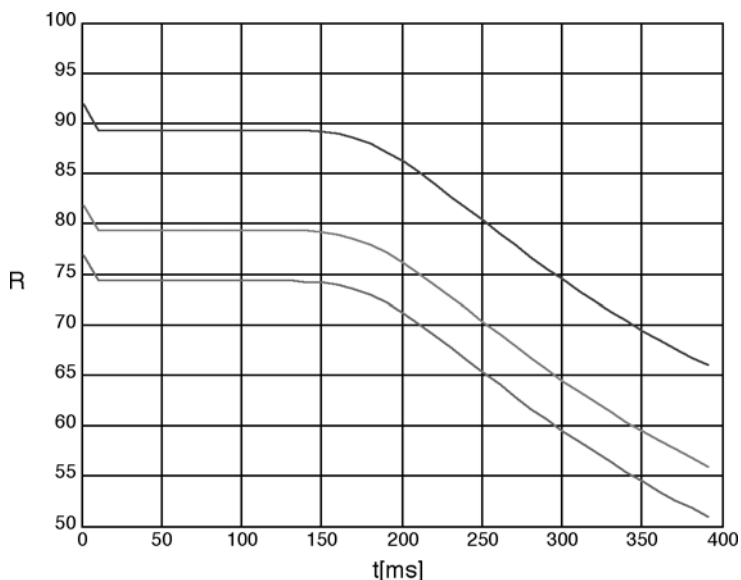
Kde I_{tot} zahrnuje všechny vlivy na zhoršení kvality:

$$I_{tot} = I_o + I_q + I_{dte} + I_{dd} + I_{eff} \quad (3)$$

- 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

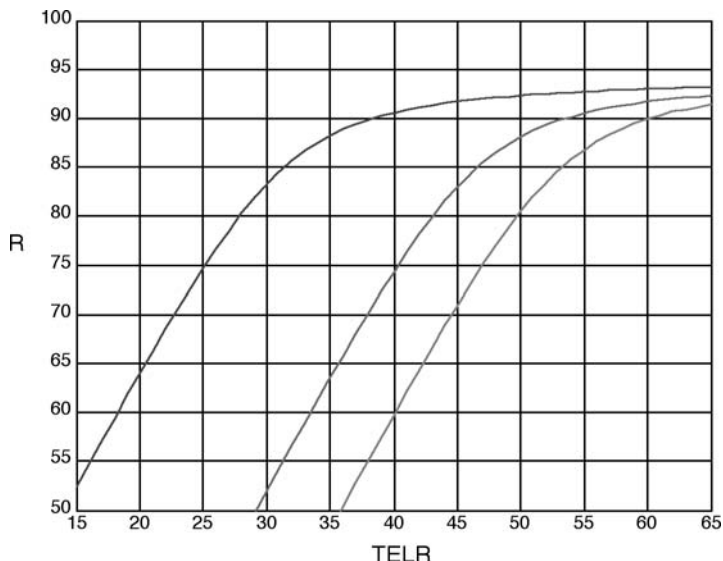
Ukážeme si několik typických případů, na kterých budeme demonstrovat vliv důležitých parametrů telefonního spoje na faktor R . Na obr. 2 je znázorněn vliv narůstající doby zpoždění pro telefonní spoj realizovaný klasickým digitálním PCM okruhem s přenosovou rychlostí 64 kbit/s v porovnání se spojem v 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.



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)

Na obr. 3 je znázorněn vliv míry hlasitosti ozvěn, které se projevují 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) nepo-

stačuje potlačení signálů opačných směrů přenosu pomocí klasické telefonní vidlice a telefonní okruhy je nutno vybavovat obvody pro potlačení (zábranu) ozvěn, které TELR dokáží zvýšit až na 65 dB.



Obr. 3: Vliv míry hlasitosti ozvěn na faktor R pro PCM kódování 64 kbit/s pro různé doby zpoždění (10 ms – plná čára, 50 ms – čárkovaná, 100 ms – tečkovaná čára)

Obdobné závislosti by bylo možno vyjádřit pro stejné situace parametrem MOS (Mean Opinion Score). Převod R-faktoru na stupnici MOS je možný podle empirického vzorce.

3 Plán přenosových parametrů

Vydání nového plánu přenosových parametrů veřejných telefonních sítí pro ČR bylo zpožděno v důsledku přijímání nového zákona o elektronických komunikacích. Plán přenosových parametrů byl nakonec zveřejněn ČTÚ v Telekomunikačním věstníku 13/2005 – Příloha 2 – „Sítový plán přenosových parametrů veřejných telefonních sítí“ č. SP/2/09.2005 [7].

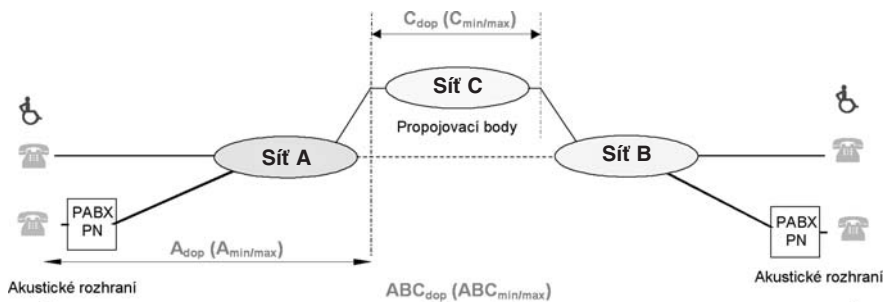
Sítovým plánem přenosových parametrů veřejných telefonních sítí se vymezují základní přenosové parametry veřejných telekomunikačních sítí se spo-

jováním okruhů i přepojováním paketů, případně kombinovaných, poskytujících veřejně dostupnou telefonní službu i s ohledem na propojování sítí, připojování koncových zařízení a připojování zařízení poskytovatelů služeb a neveřejných sítí. Cílem je, aby při poskytování veřejně dostupné telefonní služby byla zajištěna integrita všech propojených sítí na území České republiky. Síťový plán stanovuje požadavky na přenosové vlastnosti sítí i jejich jednotlivých částí, které jsou nezbytné pro zajištění kvality přenášeného signálu v rámci všech propojených sítí.

Pro každý ze sledovaných parametrů jsou síťovým plánem stanoveny doporučené hodnoty nebo doporučený rozsah hodnot a mezní hodnoty (maximální, pro některé přenosové parametry minimální hodnoty) mezi akustickými rozhraními koncových uživatelů. Překročení mezních hodnot není přípustné. Na základě dvoustranné dohody mohou jednotliví provozovatelé sítí čerpat přenosové parametry nevyužité v ostatních spolupracujících sítích.

V případech, kdy se některý ze sledovaných přenosových parametrů liší od doporučené hodnoty nebo vybočuje z doporučeného rozsahu hodnot, je nutné provedení kontroly přenosového činitele R výpočetním modelem (E-model) – viz kapitola 2.

Celkový faktor zhoršení (I_{tot}) nesmí překročit hodnotu stanovenou síťovým plánem. Dílčí faktor zhoršení v jedné ze sítí může být překročen jen za předpokladu, že bude na základě dohody mezi provozovateli kompenzován nižší hodnotou faktoru zhoršení v druhé síti.



Obr. 4: Znázornění dílčích sítí a působnosti doporučených a mezních hodnot

Situaci naznačuje obr. 4. Plán přenosových parametrů počítá v referenční konfiguraci se dvěma propojenými sítěmi A a B, s případnou třetí sítí C, přes kterou jsou síť A a B propojeny. Parametry jsou vymezeny mezi akustickými rozhraními

mi účastníků, případně mezi propojovacími body sítí. Koncovým zařízením může být klasický analogový či ISDN telefon, bezšňůrový telefon (DECT), mobilní terminál (GSM, UMTS), IP telefon apod. Do kalkulace je nutno zahrnout i případné pobočkové ústředny (PABX) a privátní sítě (PN) podniků či institucí.

Následující přehled uvádí sledované parametry a jejich doporučené a mezní hodnoty. Nejprve tab. 1 pro celkové hodnoty mezi akustickými rozhraními sítě, označené obecně ABC (přes všechny tři dílčí sítě). Klíčové je dodržení celkového činitele R vyššího než 50, čemuž odpovídá celkový faktor zhoršení roven 50 (snížený o faktor očekávání A – u mobilních sítí se započítává hodnota 10, u bezšňůrových terminálů hodnota 5).

Klíčový je vliv zpoždění v sítích NGN (u klasických sítí se předpokládá nízká hodnota blízká nule ~0 ms, prakticky maximálně jednotky ms). U sítí s přepojováním paketů se podle doporučení ITU-T Y.1541 požaduje mezi koncovými body sítě a propojovacími body splnění parametrů kvality třídy 0, která je definována střední hodnotou zpoždění (IPTD) maximálně 100 ms a kolísáním zpoždění (IPDV) maximálně 50 ms. Vedle vlastního zpoždění při přenosu se v kombinaci s nevyvážením vidlic i akustickou vazbou mezi sluchátkem a mikrofonem projevují velice negativně ozvěny. Sítě, pro které nelze garantovat vzhledem ke zpoždění hovorového signálu dostatečně vysokou míru hlasitosti ozvěn na straně hovořícího TELR, musí být vybaveny potlačovači ozvěn.

Zkratka	Anglický termín	Český termín	Jedn.	ABC _{dop}	ABC _{min}	ABC _{max}	Pozn.
A	Advantage Factor	Faktor očekávání	–	0; 5; 10	–	–	
qdu	Quantization Distortion Units	Jednotka kvantizačního zkreslení	–	1 až 8	1	14	
R	Rating Factor	Přenosový činitel	–	50 až 100	50	100	
I _{tot-A}	Impairment Factor	Faktor zhoršení	–	0 až 50	0	50	
OLR	Overall Loudness Rating	Celková míra hlasitosti	[dB]	0 až 18	–6	29,5	1, 2
Ta	Absolute Delay	Celkové zpoždění	[ms]	~0 až 200	~0	500	
TELR	Talker Echo Loudness Rating	Míra hlasitosti ozvěny na straně hovořícího	[dB]				3

Pozn. 1 – Celková hodnota mezi mikrofonem, nebo přijímačem, a bodem s 0 dB.

Pozn. 2 – rozdíl mezi SLR a RLR musí být menší než 3,5 dB

Pozn. 3 – dáno graficky v závislosti na zpoždění pro větší doby zpoždění nutno použít obvody pro potlačení ozvěn, přičemž se předpokládá hodnota 65 dB

Tab. 3: Doporučené a extrémní hodnoty mezi koncovými body sítě (akustickými rozhraními)

Další tabulky uvádějí doporučené a mezní hodnoty pro dílčí části sítě A nebo B (tab. 4) a mezilehlou síť C (tab. 5). Klíčové je dodržení dílčího faktoru zhoršení.

Zkratka	Jedn.	A_{dop} B_{dop}	A_{min} B_{min}	A_{max} B_{max}	Pozn.
A	–	0; 5; 10	–	–	
qdu	–	1 až 4	1	5	
I_{tot-A}	–	0 až 18	0	18	4
RLR	[dB]	–1,75 až 7,25	–4,25	13	1, 2
SLR	[dB]	1,75 až 10,75	–1,25	16,5	1, 2
Ta	[ms]	~0 až 100	~0	200	
TELR	[dB]				3

Tab. 4: Doporučené a extrémní hodnoty pro koncové sítě (A nebo B)

Zkratka	Jedn.	C_{dop}	C_{min}	C_{max}	Pozn.
qdu	–	0	0	4	
I_{tot-A}	–	0 až 14	0	14	4
RLR	[dB]	0	0	0	1, 2
SLR	[dB]	0	0	0	1, 2
Ta	[ms]	~0	~0	100	

Pozn. 1 – Celková hodnota mezi mikrofonem, nebo přijímačem, a bodem s 0 dBr.

Pozn. 2 – rozdíl mezi SLR a RLR musí být menší než 3,5 dB

Pozn. 3 – dáno graficky v závislosti na zpoždění pro větší doby zpoždění nutno použít obvodů pro potlačení ozvěn, přičemž se předpokládá hodnota 65 dB

Pozn. 4 – vyšší hodnota faktoru zhoršení v jedné síti (např. C) může být kompenzována nižší hodnotou v navazujících sítích (např. A nebo B)

Tab. 5: Doporučené a extrémní hodnoty pro mezilehlou síť C

Přenosový plán dále stanovuje jmenovité relativní výkonové úrovně v propojovacích bodech a požadavky na vyvažovače. Pro zajištění přenosu dat rychlostí 9,6 kbit/s nesmí útlum poloviční smyčky v propojovacím bodě v kmitočtovém pásmu 500 – 2500 Hz klesnout pod 14 dB. Maximální počet párů vidlic pro spojení v rámci sítě ČR, kterými se vytvářejí uzavřené zpětnovazební smyčky, je roven pěti, včetně dvou zařízení účastnické přípojné sítě a dvou pobočkových ústředn.

4 Program pro výpočet činitele R

Kontrolu přenosových parametrů v souladu s plánem přenosových parametrů pomocí E-modelu je možno provést pomocí aplikace dostupné na webových stránkách provozovaných katedrou telekomunikační techniky FEL, ČVUT v Praze [6].

Do programu vstupuje celá řada parametrů, z nichž mnohé jsou nastavené na doporučení výchozí hodnotu. K programu je dostupný podrobný popis. Program byl použit i při vyladování plánu přenosových parametrů při APVTS.

Další program poslouží pro výpočet R-faktoru při spolupráci více sítí [6] a umožňuje zadat nezávisle parametry pro síť A a B, v nichž se zakončuje hovorová komunikace u účastníka. Vedle toho umožní zadat zpoždění a typ kodeku v mezilehlé síti C, přes kterou je hovor směřován (v případě, že není síť C využita, bude zde nastaven kodek podle ITU-T G.711 a zpoždění 0 ms).

Program pro spolupracující síť počítá R podle stejného algoritmu jako již dříve zveřejněný program [6], ale zavádí navíc možnost zadat délku účastnické přípojky v km, pokud je účastník připojen analogově. V tomto případě zadané parametry SLR a RLR odpovídají přímému připojení telefonního přístroje k 2-dr. rozhraní ústředny a jsou programem přepočítány vzhledem k délce vedení.

Jako typ terminálu lze zadat speciálně bezšňůrový telefon DECT připojený pomocí analogové telefonní přípojky, kdy se automaticky připočte faktor zhoršení pro kodek ADPCM i faktor A. V případě jiného pohyblivého terminálu (DECT připojený digitálně, bezšňůrový IP telefon), jakož i pro mobilní terminál se musí příslušný typ kodeku zadat zvlášť v příslušné síti (např. GSM Full-rate). Zároveň je nutno přizpůsobit hodnotu zpoždění, které musí zahrnovat i zpoždění kodeků.

Více nízkorychlostních kodeků v síti (tandemové řazení kodeků) a výsledný faktor zhoršení kódováním je stále předmětem výzkumu. Program započítává faktor zhoršení příslušného kodeku pouze jednou v případě, že je použit stejný kodek v navazujících sítích (A-C, C-B), a také jsou-li kodeky stejného typu digitálně propojeny pomocí G.711. V ostatních případech při kombinaci různých kodeků se výsledný faktor zhoršení počítá jako součet dílčích faktorů zhoršení kodeků.

Hodnocení kvality přenosu je obecně různé z pohledu účastníka A a B jakožto přijímací strany. Největší rozdíly může způsobit různá míra hlasitosti ozvěn a faktor očekávání A, který se započítává jen na straně příslušného pohyblivého či mobilního terminálu. Pro ověřování kvality se doporučuje ověřit různé kombinace sítí, kodeků a terminálů, vč. analogově připojených telefonů DECT a mobilních terminálů.

V následujících tabulkách jsou uvedeny příklady sítí, jejich parametrů a jim odpovídající výsledný R-faktor. Tabulky jsou rozděleny pro situace, kdy hovor

probíhá přes dvě sítě A-B nebo tři sítě A-C-B. Tučně jsou zvýrazněny nevyhovující hodnoty R-faktoru menší než 50. Výpočty předpokládají použití obvodů pro potlačení ozvěn v síti.

Typ kodeku sít A	Typ kodeku sít B	R-faktor směr A-B	R-faktor směr B-A	Zpoždění [ms]		Terminál	
				A	B	A	B
PCM G.711	ADPCM G.726	81	76	25	200	1)	2)
PCM G.711	ADPCM G.726	81	76	200	25	1)	2)
ADPCM G.726	ACELP G.723.1	64	54	150	100	1)	3)
ACELP G.723.1	GSM Full-rate	58	48	50	150	1)	3)
GSM Full-rate	GSM Full-rate	77	77	150	50	3)	3)
PCM G.711	PCM G.711	87	87	100	100	1)	1)

- 1) pevný terminál
- 2) pohyblivý terminál
- 3) mobilní terminál

Tab. 6: Hovor uskutečněný v sítích A-B

Je patrné, že rozhodující vliv na R-faktor má zpoždění. Výsledný R-faktor nabývá stejných hodnot pro oba směry přenosu v případech, kdy jsou koncové terminály stejného typu, jinak se liší o faktor očekávání A. V případě, že zaměníme zpoždění sítí mezi sebou, tak zůstává R-faktor stejný pro oba směry.

Sít C: kodek = PCM G.711, zpoždění = 100ms							
Typ kodeku sít A	Typ kodeku sít B	R-faktor směr A-C-B	R-faktor směr B-C-A	Zpoždění [ms]		Terminál	
				A	B	A	B
PCM G.711	ADPCM G.726	69	64	25	200	1)	2)
PCM G.711	ADPCM G.726	69	64	200	25	1)	2)
ADPCM G.726	ACELP G.723.1	52	42	150	100	1)	3)
ACELP G.723.1	GSM Full-rate	45	35	50	150	1)	3)
GSM Full-rate	GSM Full-rate	64	64	150	50	3)	3)
PCM G.711	PCM G.711	74	74	100	100	1)	1)

Tab. 7: Hovor uskutečněný v sítích A-C-B

5 Závěr

Je zřejmé, že zpoždění při přenosu a použití nízkorychlostních kodeků jsou zásadní rizikové faktory snižující kvalitu přenosu hovorového signálu v sítích no-

vé 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. Pro kvalitu hovoru uskutečněného v jediné síti používající daný kodek je rozhodující velikost zpoždění sítě a také typ použitého terminálu, který určuje faktor očekávání A. Pro zpoždění až okolo 200 ms je kvalita hovoru bez problému, pokud je ovšem použito potlačení ozvěn. Při zpoždění 500 ms je kvalita hovoru vesměs nevhovující.

Nejlepší kvality dosáhneme v případě použití kodeku PCM G.711 ve všech sítích, protože tento kodek má nejmenší celkové zhoršení kvality hovoru. Pro mobilní sítě se doporučuje použití pokročilejšího kódování ACELP, které dosahuje podstatně lepších výsledků než klasický kodek RPE-LTP. Z hlediska uživatele jsou lépe hodnoceny mobilní terminály (faktor očekávání A), avšak je třeba počítat i s případem komunikace mobilní terminál – pevný terminál, jehož uživatel výhodu mobility nepocituje. Ve stádiu úvah je míra tolerance nižší kvality při nižších nákladech na hovor a její případné zohlednění rovněž ve faktoru očekávání A. Zde ovšem platí podobná nesymetrie hodnocení kvality, protože účastník platící standardní tarif vyžaduje odpovídající kvalitu, na kterou je zvyklý, bez ohledu na to, z jaké sítě hovor přichází.

Plán přenosových parametrů veřejných telefonních sítí představuje závažný technický, ale i právní dokument, který má dopad na provozovatele veřejných telefonních sítí i privátních sítí na veřejnou telefonní síť napojených. Nutí provozovatele dodržovat dostatečnou kvalitu hovorové komunikace a provádět účelné plánování sítí. K tomu může sloužit výpočet pomocí E-modelu, případně systematická měření prováděná v síti vhodnou měřicí metodikou poskytující přímo R-faktor, případně parametr MOS, který se dá na R-faktor snadno přepočítat.

Katedra telekomunikační techniky, FEL, ČVUT v Praze má v oblasti zpracování hovorových signálů a hodnocení kvality telefonní komunikace dlouholetou tradici. Dokladem toho je, že se aktivně podílela na přípravě plánu přenosových parametrů v rámci pracovní skupiny APVTS.

Příspěvek vznikl v rámci projektu NPV IET300750402.

Literatura

- [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] Vodrážka, J.: *Hodnocení kvality telefonního přenosu pomocí E-modelu.* Access server, on-line, 2005. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2004100501>.
- [5] Vodrážka, J., P. Jareš: *Program pro výpočet R-faktoru pro spolupracující sítě.* Matlab server, on-line, 2005. Dostupné z: <http://matlab.feld.cvut.cz/view.php?nazevclanku=&cisloclanku=2005030901>.
- [6] Vodrážka, J., P. Jareš: *Program pro výpočet R-faktoru.* Matlab server, on-line, 2004. Dostupné z: <http://matlab.feld.cvut.cz/view.php?nazevclanku=&cisloclanku=2004101507>.
- [7] Telekomunikační věstník, částka 13/2005 – Příloha 2 – *Síťový plán přenosových parametrů veřejných telefonních sítí č. SP/2/09.2005.* Dostupné z: http://www.ctu.cz/main.php?pageid=134&page_content_id=254.

