AKUSTICKÉ LISTY

České akustické společnosti

www.czakustika.cz

ročník 12, číslo 1 březen 2006

Obsah

Usnesení Valné hromady České akustické společnosti **3**

Pozvánka na 72. akustický seminář **4**

Systém jakosti v laboratořích **4**

Hodnotenie kvality prenosu reči
Speech Transmission Quality Evaluation
Martin Nemčík **7**

Obsah Acta Acustica 92(1) **15**

ČESKÁ AKUSTICKÁ SPOLEČNOST

Usnesení Valné hromady České akustické společnosti, konané dne 26. ledna 2006 v prostorách Fakulty elektrotechnické ČVUT

Valná hromada ČsAS bere na vědomí:

1. zprávu o činnosti Rady ČsAS;
2. zprávy o činnosti jednotlivých odborných skupin a o jejich dalším zaměření;
3. zprávu o přípravě 72. akustického semináře;
4. zprávu o výsledcích revize hospodaření společnosti;
5. výsledky voleb do Rady společnosti a výsledky voleb předsedů odborných skupin;
6. zprávu o usnášeníschopnosti Valné hromady, 103/56;
7. informace o plnění úkolů a poslání Akustických listů a vyzývá členy k zasílání příspěvků.

Pro funkční období roku 2006 byli v jednotlivých odborných skupinách zvoleni:

A. Obecná, lineární a nelineární akustika
předseda – M. Bednařík zástupce – M. Červenka

B. Ultrazvuk a akustické emise
předseda – J. Plocek zástupce – R. Bálek

C. Hluk a vibrace
předseda – V. Strnad zástupce – A. Ládyš

D. Prostorová, stavební a urbanistická akustika
předseda – M. Meller zástupce – A. Ryndová

E. Zpracování a záznam akustických signálů
předseda – T. Salava

F. Psychoakustika, fyziologická akustika a akustika hudby a řeči
předseda – J. Štěpánek

G. Elektroakustika
předseda – Z. Kešner zástupce – B. Sýkora

Valná hromada ČsAS schvaluje:

1. zprávu o činnosti Rady za kalendářní rok 2005 a uděluje Radě absolutorium;
2. zprávu o hospodaření společnosti za kalendářní rok 2005;
3. výši členských příspěvků na rok 2006 ve shodné výši jako v roce 2005 (350 Kč pro členy, 100 Kč pro studenty a důchodce);
4. činnost Rady a odborných skupin v roce 2005;
5. odměnu hospodáři ČsAS za rok 2005 ve výši 10 000 Kč.

Valná hromada ukládá nově zvolené Radě společnosti na kalendářní rok 2006:

1. pokračovat v odborné a organizační činnosti i v zahraničních kontaktech, v rozvíjení spolupráce s Českou maticí technickou, Slovenskou akustickou společností, společností Elektra, českou sekcí AES, Českým centrem IEE, československou sekcí IEEE, ICA, EAA a I-INCE;
2. věnovat pozornost pořádání odborných akcí a pravidelných seminářů odborných skupin;
3. nadále rozvíjet vydávání Akustických listů.

Valná hromada ukládá nově zvoleným předsedům odborných skupin na kalendářní rok 2006:

1. publikovat informace o připravovaných aktivitách skupin v Akustických listech a na webové stránce s předstihem tak, aby se zájemci mohli včas na akce přihlašovat.

Valná hromada doporučuje Radě ČsAS:

1. pravidelně se zabývat činností a plánem akcí odborných skupin;
2. pravidelně se zabývat plánem a zaměřením konaných akustických konferencí;
3. poskytovat možnost finančních výhod členům společnosti, např. nižšími sazbami vložného na akcích pořádaných společností.

Výsledky voleb do Rady České akustické společnosti:

Počet vydaných platných hlasovacích lístků:		56
Odevzdáno platných hlasovacích lístků:		56
předseda:	O. Jiříček	56
místopředsedové:	V. Kunzl	56
	J. Štěpánek	56
sekretář:	M. Brothánek	56
hospodář:	O. Kudějová	56
revizní komise:	D. Vápeníková	56
	T. Hellmuth	55
	J. Novák	55

Návrh usnesení sestavila návrhová komise ve složení M. Meller a J. Stěnička.

Pozvánka na 72. akustický seminář

Ve dnech od 9. do 11. května 2006 se bude v hotelu Mas (`www.hotelmas.cz`) v Sezimově Ústí konat 72. akustický seminář. Vítány jsou referáty ze všech oblastí akustiky. Semináře a výstavy se mohou zúčastnit i zástupci firem, které vyrábějí nebo dodávají akustické měřicí přístroje, výrobky či konstrukce pro akustiku. V průběhu semináře se uskuteční veřejná schůze odborných skupin České akustické společnosti.

Nabídky referátů nebo přihlášky k výstavě posílejte co nejdříve, nejpozději však do 2. dubna 2006. Podrobnosti, včetně šablon pro referáty, naleznete na webových stránkách České akustické společnosti.

Marek Brothánek

Systém jakosti v laboratořích

V současné době mnohé zkušební laboratoře prokazují nebo mají prokázat svoji způsobilost provádět zkoušky osvědčením o akreditaci podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005. Laboratoře musí vytvořit, uplatňovat a udržovat systém managementu jakosti, který odpovídá rozsahu jejich činností a požadavkům této normy. Praktické informace o dokumentování systému jakosti a o řešení organizačních a technických požadavků normy získají pracovníci laboratoří v kurzu Systém jakosti v laboratořích. Termín konání **3.–6. dubna 2006**.

Pořádá: Gradua.CEGOS, s. r. o. – vzdělávání a poradenství
Karlovo nám. 7
128 01 Praha 2
www.gradua.cz, tel.: 226 006 320, e-mail: vbubenikova@gradua.cz

Vážení kolegové,
jak se můžete dočíst v usnesení Valné hromady otištěném v tomto čísle Akustických listů, i v letošním roce zůstávají členské příspěvky nezměněny. Pro výdělečně činné členy tedy činí 350 Kč a pro důchodce a studenty 100 Kč. Pokud jste ještě nezaplatili, je nejlepším způsobem platba převodem z účtu na účet, tedy z Vašeho účtu v kterékoli bance na účet ČsAS, Komerční banka, a. s., Praha 6, číslo účtu 17838061/0100. Variabilní symbol uvádějte ve tvaru XXX06, kde XXX je Vaše osobní číslo, které naleznete nad svým jménem na obálce. Dalším možným způsobem je složení hotovosti na přepážce Komerční banky. Na kterékoli pobočce Komerční banky můžete zaplatit své členské příspěvky složením hotovosti na účet číslo 17838061/0100. Variabilní symbol je shodný jako v předešlém případě. Finančně oboustranně nejméně výhodným způsobem je platba na poště složenkou typu A (zelená). I zde je variabilní symbol shodný jako v předešlých případech.

V letošním roce vyšlo pamětní CD České akustické společnosti (1964–2005), které obdrží, resp. již obdrželi, všichni členové po uhrazení členského příspěvku za rok 2006. Na pamětním CD je především digitalizovaná kronika společnosti doplněná větším množstvím (cca 600) fotografií z Akustických seminářů a jiných akcí spojených s akustikou. Mimo to jsou na CD umístěna dostupná digitalizovaná vydání Akustických listů, sborníky z Akustických seminářů a spousta dalších informací.

Začátkem tohoto roku byl také na webových stránkách ČsAS (`www.czakustika.cz`) spuštěn autorizovaný přístup pro všechny (i bývalé) členy společnosti. Zde každý nalezne své osobní informace, které může editovat a případně upravit do správné podoby. Jedná se především o správnost adresy pro zasílání Akustických listů. Při vytváření těchto autorizovaných stránek byl brán zřetel na bezpečnost všech osobních dat tak, aby nemohlo dojít k jejich zneužití. I z tohoto důvodu není umožněno získat údaje o ostatních členech ČsAS.

Se spuštěním autorizovaného přístupu je spojena ještě jedna změna na webových stránkách společnosti. Konkrétně budou ve veřejné části zpřístupněny Akustické listy až s ročním zpožděním – bude zde uveřejněna pouze titulní strana, tj. obsah, aktuálního vydání. Celé vydání však zájemci naleznou v osobních stránkách, kde budou dále zveřejňovány dokumenty určené pouze členům ČsAS (sborníky Akustických seminářů apod.).

Česká akustická společnost se od letošního roku stala řádným členem Evropské akustické asociace (EAA), která poskytuje našim členům veškeré členské výhody. Mezi ně patří snížené vložné na akce pořádané v rámci EAA a také možnost odebírat časopis Acta Acustica/Acustica za režijní cenu. Tato cena je pro rok 2006 stanovena ve výši 26 € za ročník pro časopis na CD a 50 € v tištěné verzi. Máte-li zájem předplatit si tento časopis, sdělte tuto informaci co nejdříve sekretariátu společnosti, o způsobu platby budete informováni obratem.

Doufám, že díky těmto změnám zůstanete i nadále věrni akustice a především České akustické společnosti.

Marek Brothánek
sekretář společnosti

Hodnotenie kvality prenosu reči

Martin Nemčík

ČVUT–FEL, katedra telekomunikací, Technická 2, 166 27 Praha 6
e-mail: nemcikm@feld.cvut.cz

This article is dedicated to a short summary of factors that affect speech quality, to algorithms used for its evaluation, and to the summary of speech codecs. Evaluation of speech quality is basic parameter for developing VoIP devices, speech codecs, for setting up and operation of PSTN and wireless networks. Two basic approaches used for the evaluation of speech quality after the transmission through the telecommunication network or after processing by speech codec are objective and subjective evaluation. This article deals with algorithms like PSQM, PSQM+, PESQ, E-model and with ITU and wireless speech codecs and discuss its properties and using.

1. Úvod

Testovanie QoS (Quality of Service) je jednou z kľúčových úloh v moderných telekomunikačných sieťach a význam týchto testovaní rastie so zvyšujúcou sa komplikovanosťou a komplexnosťou telekomunikačných sietí, kde prenosový reťazec zahŕňa stále viac prenosových technológií (tzv. konvergencia sietí) [1]. Hodnotenie kvality prenosu reči je základný parameter pri vývoji zariadení VoIP (Voice over Internet Protokol), rečových kódekoch, nastavovaní a prevádzke pevných a mobilných sietí. Na hodnotenie kvality prenosu reči po prenose telekomunikačnou sieťou, resp. po spracovaní rečovým kódekom, sa používajú dve základné hodnotenia, a to objektívne a subjektívne. Objektívne hodnotenie rekonštruovanej informácie vychádza zo štatistických prístupov, ktoré sú formulované ako matematické vzťahy (modely) a subjektívne hodnotenie sa zakladá na subjektívnom hodnotení súborom respondentov. Takýto parameter sa stáva jedným z mála obecne merateľných, pre porovnanie odlišných prenosových zariadení, ktorý je vo svojej podstate najbližší z pohľadu jednotlivých koncových užívateľov. [1]

1.1. Faktory ovplyvňujúce kvalitu prenosu reči

Prenosový reťazec v súčasných tel. sieťach môže pozostávať z kombinácie rôznych typov sietí (PSTN, GSM, VoIP), ako aj rôznych typov kódovania. V nasledujúcich riadkoch stručne popíšeme faktory ovplyvňujúce kvalitu prenosu reči v jednotlivých častiach prenosového reťazca.

Klasické siete V sieti PSTN vplýva na kvalitu prenosu reči hlavne kvalita telefónneho prístroja, hlasitosť telefónu, akustické echo generované medzi slúchadlom a mikrofónom a tiež interferencie medzi jednotlivými linkami. Parametre, ktorými môžeme charakterizovať takúto prevádzku, sú: hlasitosť, oneskorenie, ozvena, šum a presluchy. Väčšinu týchto parametrov môžeme popísať tradičným meraním S/N, nelineárnym skreslením atď.

Digitálna kompresia rečových signálov Kvalita prenosu reči digitalizovaného signálu je primárne funkcia dostupnej bitovej rýchlosti. Moderné komprimačné metódy umožňujú prenos hovoru s prenosovou rýchlosťou 8 kb/s a nižšou. Takúto bitovú rýchlosť v porovnaní so širokopásmovými audiokódekmi možno dosiahnuť zameraním sa na modelovanie ľudského vokálového traktu. Obr. 1 ukazuje niekoľko závislostí výstupnej kvality prenosu reči základných kódovacích techník od bitovej rýchlosti.

Dig. kompresiu rečových signálov môžeme rozdeliť do troch základných skupín [2]:

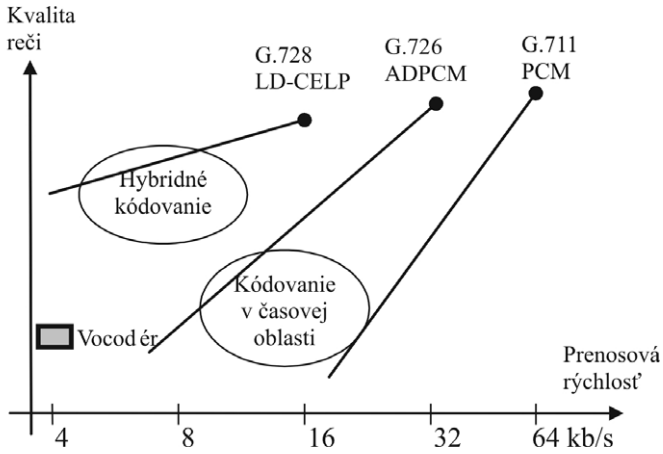
- *kódovanie v časovej oblasti*, t. j. kódovanie tvaru vlny (waveform coding) – PCM, DM, DPCM, ADPCM;
- *kódovanie parametrov zdroja rečového signálu*, t.j. parametrické kódovanie – LPC metódy s homomorfným prístupom využívajúce kepstrálnu analýzu, vocodéry;
- *hybridné kódovacie metódy* – APC (Adaptive Predictive Coding), MPELPC (Multi Pulse Excited Linear Predictive Coding), RELP (Residually Excited Linear Prediction), CELP (Code-Excitation Linear Prediction), LD-CELP (Low Delay CELP), SBC (Sub-Band Coding), ATC (Adaptive Transform Coding)

Mobilné prenosy Obmedzenou šírkou pásma v moderných komunikačných systémoch sa kódovanie reči stáva kľúčovým parametrom. Zakódované dáta sa posielajú cez rádiové frekvencie a sú vystavované citlivým prenosovým linkám, ktoré sú náchylné na chyby. Tieto chyby spôsobujú zložitosť, resp. nemožnosť rekonštruovať rečový signál, nakoľko dáta prenášané linkami obsahujú len veľmi málo redundancie. Pôsobením adaptívneho kódovania reči a prenosu, chyby v mobilných prenosových systémoch môžu pôsobiť veľmi rušivo. Rušenie je dosť rozdielne v porovnaní s tradičným analógovým rušením, a preto tento vplyv nemôže byť popísaný tradičným meraním. Typické chyby vyskytujúce sa pri mobilných prenosoch sú: impulzný šum, krátkodobé výpadky, orezávanie signálu a nelineárne skreslenie použitím stratových kódekov.

Paketovo orientovaný prenos Prenos hlasových služieb internetovým protokolom (VoIP) je dnes aktuálna

Přijato 20. ledna 2006, akceptováno 24. února 2006.

téma. Kvalita prenosu reči cez IP sa stretáva z problémami ako stratovosť paketov, prehodenie paketov po prechode cez vyrovnávaciu pamäť, oneskorenie paketov, echo atď. Pre VoIP sú typicky využívané nasledujúce kódeky: G.711 (64 kb/s), G.723 (5,4 a 6,3 kb/s), G.728 (8 kb/s), ako aj GSM Full-Rate.



Obr. 1: Kvalita prenosu reči pre rôzne kódovacie techniky

1.2. Metódy merania kvality prenosu reči

Ohodnotenie všetkých faktorov, ktoré spôsobujú degradáciu rečového signálu, je len prvým krokom, nakoľko nasleduje nevyhnutný krok, ktorý má za úlohu váhovať vplyv jednotlivých faktorov na výsledné ohodnotenie kvality. Výsledkom tohto váhovania je jeden index MOS (Mean Opinion Score), ktorý podľa doporučenia ITU-T má päťstupňovú stupnicu (Excellent – 5, Good – 4, Fair – 3, Poor – 2, Bad – 1) [3].

Meracie metódy určujúce kvalitu môžeme rozdeliť na dve základné skupiny:

a) ***Subjektívne meranie*** – kvalita degradovanej rečovej vzorky sa vyhodnocuje štatisticky pomocou ohodnotenia dostatočne rozsiahlej skupiny osôb, ktoré odpovedajú na dotazník uvedený v odporúčaní ITU-T P.82 a vyjadrujú sa k danej rečovej vzorke. Toto meranie je časovo a finančne veľmi náročné, ale výsledná hodnota je skutočná hodnota kvality prenosu reči **MOS-LQS** (Mean Opinion Score – Listening Quality Subjective). Pri *nahrávaní* musia byť splnené špecifické požiadavky podľa ITU-T Rec. P.800, ako sú: špecifická nahrávacia miestnosť (štúdio), kvalita nahrávacieho zariadenia, vlastnosti mikrofónu, vzdialenosť mikrofónu od hovoriaceho, použitie protiveterného krytu, hladina šumu pri nahrávaní, vety majú byť jednoduché a nahovorené plynulo, ale nie expresívne, ďalej sa kladie dôraz na hlasitosť nahrávky, vzorky musia byť nahovorené mužmi aj ženami, a je potrebné zohľadniť aj dĺžku nahrávania a unavenosť hovoriacich atď. Taktiež pri *posluchu* musia byť splnené požiadavky ako: špecifická posluchová miestnosť (s rovnakými vlastnosťami ako pri nahrávaní), vlastnosti reproduktorov, poslucháči musia byť vybraní náhodne z tel. užívateľov, nesmú byť znalí problematiky, nerobili takýto test najmenej 6 mesiacov a nepočuli tieto nahovorené vety atď.

b) ***Objektívne meranie*** – kvalita degradovanej vzorky sa vyhodnocuje štatisticky z matematických modelov, ktoré viac alebo menej modelujú ľudský sluchový aparát. Tieto merania nie sú tak časovo a finančne náročné, ale výsledná kvalita prenosu reči je len odhadom **MOS-LQO** (Mean Opinion Score – Listening Quality Objective) a záleží na presnosti matematického modelu. Tieto metódy rozoberieme ďalej v tomto texte.

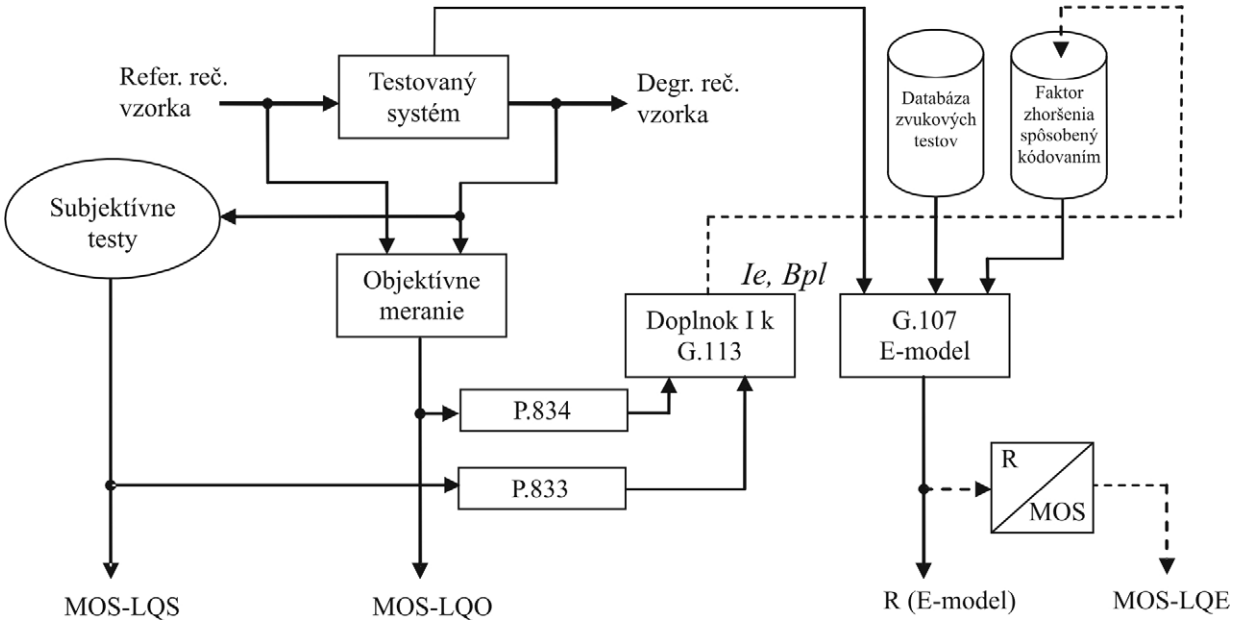
Pozn.: Pri návrhu tel. sieti zohráva dôležitú úlohu estimácia hodnôt kvality prenosu reči **MOS-LQE** (Mean Opinion Score – Listening Quality Estimated). Príkladom takejto metódy je doporučenie ITU-T Rec. G.107 z roku 2000 (pozn.: v roku 2003 reevidovaný), tzv. E-model popísaný nižšie.

Kvalitu prenosu reči môžeme testovať dvoma diametrálne odlišnými spôsobmi [1]:

a) ***Intruzívnym*** – podstatou tohto spôsobu merania je hodnotenie kvality na základe porovnania referenčnej a degradovanej rečovej vzorky, ktorá je prenesená testovaným systémom.

b) ***Neintruzívnym*** – tieto metódy sú určené na kontrolu a sledovanie sietí z pohľadu kvality prenosu reči. Tieto metódy nemajú k dispozícii referenčnú rečovú vzorku, a preto je ťažké zistiť špecifické typy skreslenia vyskytujúce sa v týchto sieťach. Predstaviteľmi takýchto meraní sú algoritmy: algoritmus *INMD* (Inservice Non-intrusive Measurement Device), ktorý obsahuje zoznam parametrov potrebných na meranie, a algoritmus *CCI* (Call Clarity Index), ktorý uvádza, ako tieto parametre kombinovať a určiť tak celkovú kvalitu prenosu reči.
ITU-T P.563 P.SEAM (2004) (Psychoacustic – Single Ended Assessment Model) [10] – algoritmus spracúváva prenesenú reč. vzorku pomocou troch algoritmov a výsledný parameter je ich kombináciou.
PsyVoIP – je to metóda vyvinutá firmou Psytechnics Ltd., pre odhad výslednej kvality prenosu hlasu v IP prenosoch. Vstupom algoritmu sú: oneskorenie a jeho zmeny, typ kodeku a strata paketov a pomocou neurónovej siete je získaný odhad výslednej kvality.

Nasledujúca bloková schéma obr. 2 určuje vzájomný vzťah medzi jednotlivými typmi meraní. Pričom doporučenie ITU-T Rec. P.834 určuje metodológiu získania faktora zhoršenia *Ie* z objektívnych meraní a doporučenie ITU-T Rec. P.833 zo subjektívnych meraní. Ďalej doplnok I k doporučeniu ITU-T Rec. G.113 z roku 2002 eviduje databázu faktorov zhoršenia *Ie* a odolnosti kódeku proti strate paketov *Bpl* pre rôzne typy kódekov. Prevod prenosového činiteľa *R* na hodnotu MOS je určený prevodovou krivkou určenou experimentálne.

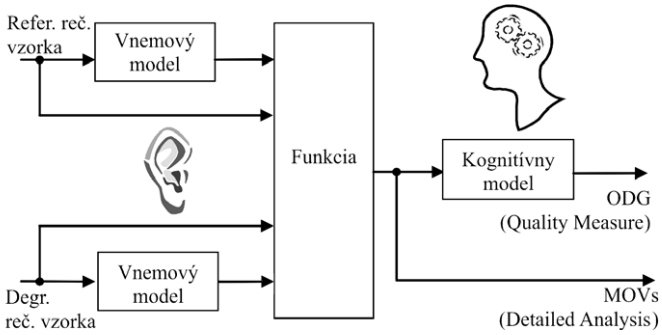


Obr. 2: Vzájomný vzťah medzi jednotlivými hodnoteniami MOS [4]

1.3. Intruzívne meranie

Návrh objektívnych metód merania založenej na ľudskom vnímaní začal v 80. rokoch a medzi najlepšie algoritmy, ktoré boli navrhnuté, patria PAQM, PSQM, NMR, PERCEVAL, DIV, OASE, POM [9]. S výnimkou PSQM (Perceptual Speech Quality Measure) všetky tieto algoritmy boli navrhované pre odhad kvality širokopásmových kódekoch, a preto boli určené skôr pre televízne a rozhlasové vysielanie. V roku 1996 bol štandardizovaný algoritmus PSQM ako odporúčanie ITU-T Rec. P.861 pre meranie kvality prenosu reči. Tento algoritmus najlepšie koreloval so subjektívnymi testami. S postupným vývojom rečového kódovania, a to hlavne pre hlasové prenosy cez IP, museli byť vyvinuté nové algoritmy testovania kvality prenosu reči, nakoľko PSQM nepokrýval celú oblasť rušenia. Testy robené pod dohľadom ITU ukazovali, že najlepšie algoritmy boli PSQM99 a PAMS, ale tieto algoritmy neboli natoľko dobré, aby sa štandard reevidoval. V roku 2000 bol štandardizovaný algoritmus PESQ (Perceptual Estimation of Speech Quality) ako ITU-T Rec. P.862, ktorý bol v podstate algoritmus PSQM99 s aplikovanou kompenzáciou oneskorenia.

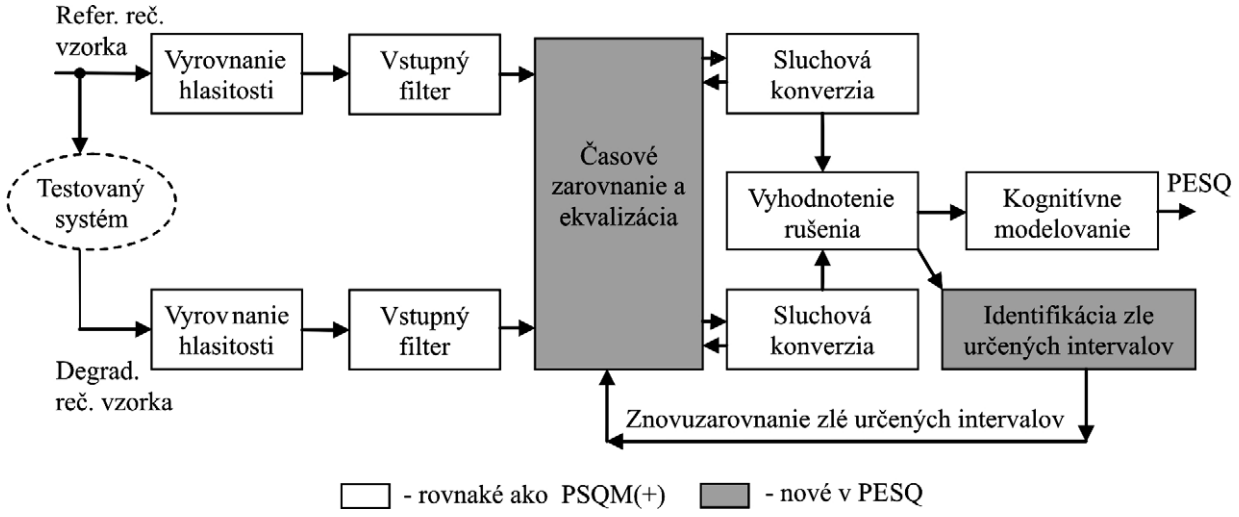
Všetky relevantné meracie algoritmy môžeme popísať blokovou schémou (obr. 3). Jednotlivé algoritmy sú podstatne rozličné v napodobňovaní modelu ľudského vnímania, ale sú podobné v ich základnej štruktúre, ktorá pozostáva z dvoch vstupov, kde prvý je referenčná rečová vzorka a druhý je testovaný signál. V prvom kroku je modelované vonkajšie ucho, tzv. vnemový model (perceptual model). Implementovanie tohto kroku v jednotlivých algoritmoch je značne rozdielne a vo všeobecnosti môžeme povedať, že pre širokopásmové audiosignály je táto časť algoritmu dôležitejšia ako pre meranie kvality prenosu rečových signálov. V nasledujúcom kroku algoritmus modeluje akustické skreslenie v testovanom signáli a porovnáva ho s výstupom z vnemového modelu. Informácie získané takýmto procesom sú nazývané MOVs (Model Output Variables) a sú vstupom pre detailnejšiu analýzu signálu. Výsledné vyjadrenie kvality pozostáva z jedného čísla, ktoré reprezentuje akustické skreslenie testovaného signálu. Na dosiahnutie toho je potrebné simulovať kognitívnu časť ľudského vnímania reči. Rozsah implementácie tohto kroku je od algoritmického popisu (napr. PESQ) až po popis umelými neurónovými sieťami (napr. PEAQ).



Obr. 3: Všeobecná štruktúra objektívnych metód merania kvality

PSQM (Perceptual Speech Quality Measure) [5, 9]

Algoritmus na výpočet kvality prenosu rečového signálu na základe modelu ľudského vnemu bol vyvinutý Beerendom v roku 1993. Vývojová skupina KPN Research prezentovala adaptovanú verziu všeobecnejšieho merania akustického vnemu (PAQM) optimalizovanú pre telefónne rečové signály. To spôsobilo pozorovanie, že psychoakustický efekt maskovania sa zdá byť iný, ak porovnávame



Obr. 4: Bloková schéma algoritmu PESQ (PSQM)

vnem reči a vnem hudby. Jednou z príčin je, že ľudský mozog si môže pripomínať referenčné rečové zvuky častejšie z denného života, v porovnaní s hudobnými zvukmi.

Na obrázku obr. 4 môžeme vidieť blokový diagram základného modelu PSQM algoritmu. Vo vnútri algoritmu PSQM sú fyzikálne signály vstupnej reči a kódovanej reči mapované do psychoakustickej reprezentácie tak, že odpovedajú vnútorným reprezentáciám rečových signálov (reprezentované vo vnútri ľudskej hlavy). Ako je vidieť z obr. 4, kvalita kódovanej reči sa rozhoduje na základe diferencie vnútorných reprezentácií. Táto diferencia je použitá pre výpočet šumového rušenia ako funkcie času a frekvencie. V PSQM priemerné šumové rušenie je priamo závislé od kvality kódovanej reči. Okrem modelovania vnemu, metóda PSQM využíva tiež kognitívny model, čo spravidla vedie k vysokej korelácii medzi subjektívnymi a objektívnymi meraniami.

PSQM+

Štandardizovaná verzia PSQM definovaná v P.861 má tri nevýhody [9]:

1. Časové zarovnanie, ako bolo definované v P.861, je veľmi hrubé a nevhodné pre praktické merania na zašumených linkách. Štandardizované časové zarovnávanie je založené na detekcii počiatočného 0,5 ms intervalu okna, kde referenčný a testovaný signál dosahujú určitú minimálnu energiu. Tento úsek je braný ako štartovací úsek oboch vzoriek. Akýkoľvek šum zosnímaný počas merania môže spôsobiť nesprávnu detekciu a to vedie k celkovému nesprávnemu výsledku. Firma OPTICOM pridala sofistikovaný algoritmus časového zarovnávania k PSQM, a tak eliminovala chyby zapríčinené nesprávnou detekciou. Toto časové zarovnávanie pracuje spoľahlivo pre signály s konštantným oneskorením a taktiež pre signály s meniacim sa oneskorením.

2. Asymetrické spracovanie v algoritme PSQM pripisuje väčšiu váhu hlasitému rušeniu ako ľudskí poslucháči. V algoritme PSQM+ je použitý špeciálny priemer na eliminovanie tohto problému.

3. V časovo orezaných úsekoch (napr. pri výpadku alebo strate paketov) algoritmus PSQM vedie k opačným efektom, kde tieto rušenia nie sú ďalej uvažované pri vyhodnocovaní. PSQM+ využíva špeciálne škálovacie algoritmy k minimalizácii tohto problému.

PESQ (Perceptual Estimation of Speech Quality) [6, 9]

V súvislosti s nástupom VoIP ITU vytvorilo pracovnú skupinu na revidovanie štandardu P.861 s požiadavkou vyrovnania sa s novými rušeniami v moderných tel. sieťach. Merací algoritmus v týchto sieťach sa musel vysporiadať s väčším rušením ako v kódekoch GSM, ale predovšetkým s tým, že oneskorenie medzi referenčnou a testovanou vzorkou nie je vždy konštantné. Prvým priblížením k prekonaniu týchto problémov bol vývoj PSQM+. Tento algoritmus dobre ohodnocoval veľké rušenie zapríčinené napr. výpadkom paketov, ale stále mal problém s kompenzáciou rôzneho oneskorenia. V algoritme PSQM+ je implementovaná jednoduchšia funkcia na sledovanie oneskorenia pracujúca v reálnom čase, ale tá pri niektorých signáloch zlyháva.

V novom doporučení ITU-T Rec. P.862 (PESQ) je tento problém eliminovaný. Kombinuje vynikajúci psychoakustický a kognitívny model PSQM+ s algoritmom časového zarovnania, ktorý dokonale pracuje so signálmi s rôznym oneskorením. No jeden z nedostatkov PESQ je to, že nie je použiteľný pre aplikácie pracujúce v reálnom čase. To je dôvod, prečo algoritmus PESQ úplne nenahradil PSQM+. Z PSQM a PESQ teraz sú dva štandardy, ktoré pokrývajú problematiku merania kvality prenosu reči. Obr. 4 uvádza prehľad štruktúry PESQ algoritmu a taktiež ukazuje nové bloky, ktoré boli pridané ku algoritmu PSQM.

Referenčná a degradovaná rečová vzorka sú individuálne úrovňovo zarovnávané a filtrované. Tieto signály vstupujú do bloku časového zarovnávania, kde sa kompenzujú malé časové posuny, zapríčinené oneskorením a časovou nestabilitou v systémoch VoIP. Časové reprezentácie oboch vstupných signálov sú transformované do frekvenčnej oblasti. Ďalej sú rečové vzorky rozdelené do blokov, ktoré sú vstupom do FFT použitím Hannového okna. Ďalej sa (lineárna) frekvenčná stupnica prevedie na frekvenčnú stupnicu udávanú v barkoch, založenú na kritických frekvenčných pásmach, ktoré korešpondujú so šírkami pásem, tzv. kochleárnej banky filtrov. Obe signály, referenčný a degradovaný, sú potom filtrované s prenosovými charakteristikami prijímacieho zariadenia (telefónu). Následne je pridaný Hothov šum (Hoth noise) na simulovanie šumu pozadia typického pre kancelárie s cieľom vyjadriť maskovací efekt v reálnom šumovom prostredí a určenie maskovacieho prahu. Potom nasleduje úprava intenzity, ktorá vedie k vyjadreniu komprimovanej hlasitosti ako funkcie výšky tónu a času, a pomocou tejto funkcie sa odvodí odhad počuteľných chýb.

1.4. Kvalita hovorovej komunikácie vyjadrená prenosovým činiteľom

Pri návrhu tel. sieti zohráva dôležitú úlohu estimácia hodnôt kvality prenosu reči MOS-LQE (Mean Opinion Score – Listening Quality Estimated). Pre takýto návrh, resp. pre automatizované vyhodnocovanie kvality hovorov, bol v roku 2000 štandardizovaný tzv. E-model (ear model) ako doporučenie ITU-T Rec. G.107 (pozn.: v roku 2003 reevidovaný) [8]. Výsledkom tohto hodnotenia je prenosový činiteľ R, resp. prevod činiteľa R do stupnice MOS-LQE.

Prenosový činiteľ R je definovaný vzťahom:

$$R = 100 - I_{\mathrm{tot}} + A \tag{1}$$

- Celkový faktor zhoršenia I_{tot} je podľa odporúčaní ITU-T G.113 vyjadrený súčtom jednotlivých faktorov zhoršenia

$$I_{\mathrm{tot}} = I_{\mathrm{olr}} + I_{\mathrm{q}} + I_{\mathrm{dte}} + I_{\mathrm{dd}} + I_{\mathrm{e}} \ , \tag{2}$$

  kde:
  I_{olr} je faktor zhoršenia vplyvom odchýlky od optimálnej miery hlasitosti a nadmerného šumu spojenia,
  I_{q} je faktor zhoršenia vplyvom kvantizačného zakreslenia vznikajúceho v PCM a ADPCM kódekoch,
  I_{dte} je faktor zhoršenia vplyvom ozveny u hovoriaceho účastníka,
  I_{dd} je faktor zhoršenia vplyvom zložitej komunikácie pri dlhých dobách šírenia,
  I_{e} je faktor zhoršenia vplyvom zvláštnych zariadení v prenosovej ceste, predovšetkým použitím nízkorýchlostných kódekov.

- Faktor očakávania A zohľadňuje určitú výhodu pre účastníka, ktorá inými vlastnosťami vyvažuje horšiu kvalitu hovorového spojenia. Ako príklad je možné uviesť efekt mobility účastníka. Väčšinou sa v týchto prípadoch odporúča hodnota faktoru:
  $A = 5$ pre mobilitu v budovách,
  $A = 10$ pre mobilitu v geografických oblastiach alebo dopravných prostriedkoch.

- Algoritmy pre výpočet jednotlivých faktorov zhoršenia I_{olr}, I_{q}, I_{dte}, I_{dd} sú uvedené v danom odporúčaní. Hodnoty faktoru zhoršenia I_{e} sú pre jednotlivé typy kódekov a prenosovej rýchlosti stanovené v tabuľke I.1 odporúčenia ITU-T G.113 (2001).

- Ak je v sieti viac ako jeden pár vidlíc a ozveny sa šíria po viacerých cestách charakterizovaných parametrami TELR (miera hlasitosti ozvien na strane hovoriaceho) a T (doba šírenia hovorového signálu v jednom smere), stanoví sa pre každú z týchto ciest faktor zhoršenia.

$$I_{\mathrm{d}} = I_{\mathrm{dte}} + I_{\mathrm{dd}} \tag{3}$$

- Výsledný faktor zhoršenia I_{d} pre viacero ciest ozvien sa stanoví podľa vzorca:

$$I_{\mathrm{d}} = \sqrt{I_{\mathrm{d},1}^2 + \cdots + I_{\mathrm{d},n}^2} \ , \tag{4}$$

  kde n je počet ciest ozvien.

Výsledná hodnota činiteľa R sa pohybuje v rozmedzí 0–100, pričom 0 znamená najnižšiu kvalitu a 100 predstavuje najvyššiu možnú kvalitu. Pre zaručenie akceptovateľnej kvality rečovej komunikácie nesmie hodnota prenosového činiteľa klesnúť pod hodnotu 50.

2. Štandardy na kódovanie rečových signálov

Štandardy na kódovanie rečových signálov prešli dlhodobým dynamickým rozvojom a možno ich rozdeliť na dve hlavné skupiny, a to [7]:

- ITU štandardy,
- štandardy pre mobilné komunikácie.

ITU štandardy sú určené na prenos rečových signálov v telekomunikačných sieťach, pričom prvý štandard G.711 bol finalizovaný v roku 1992 a bol určený pre siete PSTN. V súčasnosti sa počet ITU štandardov v súvislosti s rozvojom telekomunikačných sietí značne zvýšil. Štandardy pre mobilné komunikácie vznikli z dôvodu značného rozšírenia mobilných sietí a potreby realizovať prenos rečových signálov v podmienkach týchto sietí.

2.1. ITU štandardy

Štandard G.711 V tomto štandarde sa pre rečový signál so šírkou pásma 3 kHz používa vzorkovacia frekvencia 8 kHz a kvantovanie vzorky na 8 bitov. Potrebná prenosová rýchlosť je 64 kb/s. Tento štandard používa metódu PCM kódovania, a teda rečový signál sa prenáša bez kompresie.

Štandard G.722 V tomto štandarde sa predpokladá prenos rečového signálu so šírkou pásma 7 kHz. Kodér G.722 používa dvojpásmové subpásmové SBC kódovanie s využitím ADPCM. Na rozdelenie rečového signálu do dvoch pásem sa používa zrkadlový QMF filter s 24 odbočkami. Vyššie pásmo využíva ADPCM kodér s 2bitovým kvantizátorom. Dolné pásmo využíva ADPCM kodér s 4, 5, resp. 6bitovým adaptívnym kvantizátorom. To umožňuje realizáciu troch režimov kódovania s prenosovými rýchlosťami 48, 56 a 64 kb/s. Použitý QMF filter spôsobuje oneskorenie iba 1,5 ms. Kodér podľa G.722 sa vyznačuje relatívne malou zložitosťou a v jeho realizácii sa predpokladalo použitie DSP čipov prvej generácie.

Štandardy G.726, G.727 / ADPCM Štandard G.726 vznikol zlúčením starších štandardov G.721 a G.723 v roku 1990. Štandardy G.726, resp. G.727 pracujú na princípe metódy ADPCM. Používajú 2, 3, 4, resp. 5bitové lineárne kvantizátory, čo umožňuje dosiahnuť prenosové rýchlosti 16, 24, 32, resp. 40 kb/s. Štandard G.726 poskytuje pri prenosovej rýchlosti 32 kb/s veľmi kvalitný rekonštruovaný rečový signál, pri nízkom oneskorení kódovania.

Štandard G.728 / LD-CELP Kodér na báze tohto štandardu používa metódu LD-CELP a umožňuje dosiahnuť prenosovú rýchlosť 16 kb/s. Je určený najmä pre videotelefóniu s nízkou prenosovou rýchlosťou, resp. pre videokonferenčné systémy. Všeobecne sa kodér na báze štandardu G.728 považuje za kodér s vysokou kvalitou. V kombinácii s kodérom na báze G.711 sa dosahuje kvality 3,5 QDU. Dvojnásobné kódovanie poskytuje kvalitu 7 QDU.

Štandard G.729 / CS-ACELP Tento štandard bol vytvorený prednostne pre aplikáciu mobilných sietí. Kodér na báze G.729 sa vyznačuje nízkou prenosovou rýchlosťou 8 kb/s. Veľkosť rámca sa stanovila na 10 ms, čo umožnilo dosiahnuť kompromis medzi kvalitou rekonštruovaného rečového signálu a výpočtovou zložitosťou kódovacieho algoritmu. Oneskorenie v dôsledku prekrytia rámcov (lookahead) je 5 ms, celkové oneskorenie 25 ms. Kódovací algoritmus je modifikáciou algoritmu CELP a označuje sa ako CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic Codebook Excitation Linear Prediction). Ide o modifikáciu metódy CELP, ktorá optimalizuje vyhľadávanie budiacich sekvencií pre kodér [7].

Štandard G.723.1 / MP-MLQ Tento štandard je určený pre multimediálne aplikácie a obsahuje dva rečové kodéry. Jeden pracuje s prenosovou rýchlosťou 5,3 kb/s, druhý s prenosovou rýchlosťou 6,4 kb/s. Rozdiely spočívajú v rôznych kódových knihách s rôznymi budiacimi postupnosťami. Kódovací algoritmus sa označuje ako MPEG-MLQ. Veľkosť rámca je 30 ms, oneskorenie v dôsledku prekrytia rámca je 7,5 ms a celkové oneskorenie kodéra je 67,5 ms [7].

2.2. Štandardy pre mobilné komunikácie

Štandard GSM RPE-LTP Tento štandard bol vytvorený pre mobilné systémy GSM a používa zjednodušený princíp metódy RPE (Regular Pulse Excitation) v LPC kódovaní s dlhodobou predikciou, ktorá sa označuje ako RPE-LTP. Kodér rečových signálov pracuje s prenosovou rýchlosťou 13 kb/s. V kódovaní sa vypočítava 8 LPC koeficientov, krátkodobou predikciou každých 20 ms (160 vzoriek). Dlhodobá predikcia, ktorou sa získa jeden koeficient, sa vykonáva každých 5 ms, teda štyrikrát častejšie ako krátkodobá predikcia. Koeficient dlhodobej predikcie sa kóduje 2 bitmi. Metóda RPE je založená na určenie budiacej postupnosti prechodom predikčného signálu cez blok krátkodobej a dlhodobej predikcie, za ktorým nasleduje FIR filter a podvzorkovanie faktorom 3. V rámci o dĺžke 20 ms sa získajú štyri posunuté budiace postupnosti, z ktorých sa vyberá optimálna [7].

Štandard TIA VSELP Štandard TIA (Telecommunications Industry Association) bol spracovaný pod označením IS-54 pre mobilné systémy na báze TDMA v USA. Kodér rečových signálov používa modifikáciu metódy CELP označovanú ako VSELP (Vector Sum Excitation Lincal Prediction) a umožňuje prenosovú rýchlosť približne 8 kb/s. Kodér a dekodér obsahujú dve kódové knihy, ktoré obsahujú kódové slová ako kombináciu ortogonálnej bázy. Koeficienty krátkodobej predikcie sa počítajú každých 20 ms a ich počet je 10. Dlhodobou predikciou sa vypočíta jeden LPC koeficient [7].

Štandard PDC VSELP Tento štandard PDC (Personal Digital Cellular) je určený pre mobilné siete v Japonsku. Kodér používa metódu VSELP a pracuje s prenosovou rýchlosťou 6,7 kb/s. Má rovnakú zložitosť ako TIA VSELP, ale dosahuje o niečo menšiu kvalitu rekonštruovaného rečového signálu. Zásadným rozdielom medzi uvedenými štandardami je to, že PDC VSELP používa iba jednu kódovú knihu s budiacimi postupnosťami [7].

Štandard TIA QCELP Štandard TIA bol spracovaný pod označením IS-96 pre mobilné systémy na báze CDMA, čo je výhodou tohto štandardu. Kodér, ktorý pracuje s modifikáciou CELP metódy v kombinácii s princípom CDMA, poskytuje štyri možné prenosové rýchlosti približne 1, 2, 4, a 8 kb/s. Modifikovaná CELP

metóda Q CELP (Qualcomm CELP) používa 10 LPC koeficientov krátkodobej predikcie a jeden koeficient dlhodobej predikcie [7].

3. Záver

Hodnotenie kvality prenosu reči nie je jednoduchým problémom, nakoľko je potrebné pochopiť a popísať fenomén ľudského sluchového „prístroja“. Tento problém hraničí s neuroanatómiou (prenos neurových vzruchov do mozgu) a interpretáciou reči v mozgu (kognitívny model). Len dokonalé pochopenie tohto systému dovedie matematický model k správnemu hodnoteniu kvality prenosu reči a taktiež prispeje k efektívnejšiemu kódovaniu rečových signálov.

Reference

[1] HOLUB, J. – ŠMÍD, R. – KOLOMAZNÍK, J. Hodnocení hlasových přenosů v telekomunikačních sítích, Sdělovací technika, červen 2001.

[2] SOCHATZI, K. Monitorování kvality hlasových služeb v prostředí IP, Sdělovací technika, prosinec 2004.

[3] ITU-T P.800 – Recommendation P.800 of the International Telecommunication Union, Methods for subjective determination of transmission quality, ITU-T, 1996.

[4] ITU-T P.800.1 – Recommendation P.800.1 of the International Telecommunication Union. Mean Opinion Score (MOS) terminology, ITU-T, 2003.

[5] ITU-T P.861 – Recommendation P.861 of the International Telecommunication Union, Objective quality measurement of telephone band (300-3400 Hz) speech codecs, ITU-T, 1996.

[6] ITU-T P.862 – Recommendation P.862 of the International Telecommunication Union, Perceptual evaluation of speech quality (PESQ), an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs, ITU-T, 2001.

[7] LEVICKÝ, D.: Multimediálne telekomunikácie, Košice: Elfa, s. r. o., 2002, 240 s., ISBN 80-89066-58-5.

[8] Český telekomunikační úřad: Síťový plán přenosových parametrů veřejných telefonních sítí, SP/2/09.2005, Praha, 2005.

[9] OPTICOM GmbH, State of art voice quality testing – White paper, Erlangen, Germany, 2000, `www.opticom.com`.

[10] ITU-T Recommendation P.563 of the International Telecommunication Union, Psychoacustic – Single Ended Assessment Model, ITU, 2004.

No. 1 · pp. 1 – 187 · January/February 2006 E 21 466 · ISSN 1610-1928 Volume 92

Acta Acustica
UNITED WITH
Acustica

The Journal of the European Acoustics Association (EAA) · International Journal on Acoustics

Table of Contents

Editorial ..... **VI**

Review Article

Room Acoustics

T. J. Cox, B.-I. L. Dalenback, P. D'Antonio, J. J. Embrechts, J. Y. Jeon, E. Mommertz, M. Vorländer
A Tutorial on Scattering and Diffusion Coefficients for Room Acoustic Surfaces **1**

Scientific Papers

Physical Acoustics

Q. Tu, X. Zhang, Z. Chen, F. Guo
Design of Miniature Thermoacoustic Refrigerator with Pin-Array Stack **16**

L. Fillinger, V. Yu. Zaitsev, V. Gusev, B. Castagnède
Nonlinear Relaxational Absorption/Transparency for Acoustic Waves Due to Thermoelastic Effect **24**

Structural Acoustics

T. Kohrs, B. A. T. Petersson
Structure-Borne Sound Radiation from Train Carriages Using a Cylinder Model **35**

Noise Control

W. F. Xue, J. Chen, G. C. Zhang, X. Y. Lei, J. Q. Li
Sound Sources Identification for Machine Acoustic Signals Based on Combined Wave Superposition Method **45**

Environmental Noise

K.Abe, K. Ozawa, Y. Suzuki, T. Sone
Comparison of the Effects of Verbal Versus Visual Information About Sound Sources on the Perception of Environmental Sounds **51**

Building Acoustics

V. Hongisto
Sound Insulation of Double Panels - Comparison of Existing Prediction Models **61**

No. 1 · pp. 1 – 187 · January/February 2006 E 21 466 · ISSN 1610-1928 Volume 92

ACTA ACUSTICA
UNITED WITH
ACUSTICA

The Journal of the European Acoustics Association (EAA) · International Journal on Acoustics

Room Acoustics

J. Peng
Effect of Sound Reproduction System and Listening Condition on Subjective Chinese Speech Intelligibility Assessment **79**

Acoustic Materials

E. Sarradj, T. Lerch, J. Hübelt
Input Parameters for the Prediction of Acoustical Properties of Open Porous Asphalt **85**

Computational and Numerical Acoustics

S. Marburg, F. Dienerowitz, T. Horst, S. Schneider
Normal Modes in External Acoustics. Part II: Eigenvalues and Eigenvectors in 2D **97**

G. Pavić
A Technique for the Computation of Sound Radiation by Vibrating Bodies Using Multipole Substitute Sources **112**

Electroacoustics

V. Becker, A. Engel, J. Breitlow
Acoustic Noise in Condenser Microphones **127**

Technical and Applied Papers

P. Hiselius
Acoustic Modelling of Earplugs **135**

H. V. Fuchs, X. Zha
Micro-Perforated Structures as Sound Absorbers – A Review and Outlook **139**

Short Communications

Selection of Contributions from the OSA/DAGA Meeting on Underwater Acoustics in September 2004 in Gdansk, Poland

M. Moszynski, A. Stepnowski
The Estimation of Fish Length Distribution from its Acoustical Measures **147**

H. Peine, D. Brecht, B. Fedders
Detection of Objects Buried in the Seafloor **150**

R. Salamon, J. Marszal, W. Lesniak
Broadband Sonar with a Cylindrical Antenna **153**

S. Hirzel Verlag · Stuttgart

No. 1 · pp. 1 – 187 · January/February 2006 E 21 466 · ISSN 1610-1928 Volume 92

Acta Acustica
UNITED WITH
Acustica

The Journal of the European Acoustics Association (EAA) · International Journal on Acoustics

I. Gloza
Underwater Diagnostic Method of Propulsive Machinery **156**

R. Krocker, H. W. Schenke
Comparison of Predicted and Measured Bathymetry **159**

E. Kozaczka, G. Grelowska
Focusing Acoustic Sources **162**

M. Liebler, T. Dreyer, R. E. Riedlinger
Nonlinear Modeling of Interactions between Ultrasound Propagation and Cavitation Bubbles **165**

J. Demkowicz, K. Bikonis
Combined Spline Wavelet Decomposition for 3D Seafloor Imaging from Multibeam Sonar Echoes **168**

J. Szczucka, Z. Klusek
Studies of the Marine Dynamic Processes by an Autonomous Hydroacoustic System **171**

T. Koronowicz, J. A. Szantyr
Vortex Cavitation as a Source of High Level Acoustic Pressure Generated by Ship Propellers **175**

J. T. Tervo, R. Mettin, W. Lauterborn
Bubble Cluster Dynamics in Acoustic Cavitation **178**

Letters to the Editor

H. V. Fuchs
Comment on article "V. Hongisto; J. Keränen, P. Larm: Simple Model for the Acoustical Design of Open-Plan Offices" **181**

V. Hongisto
Reply to article "Comment on V. Hongisto, J. Keränen, P. Larm: Simple Model fort he Acoustical Design of Open-Plan Offices" **182**

European Acoustics Association News **184**

Doctoral Thesis Abstracts **184**

Upcoming Events **185**

Instructions for Authors **186**

Editorial Board **187**

S. Hirzel Verlag · Stuttgart V

Akustické listy: ročník 12, číslo 1 březen 2006 ISSN: 1212-4702
Vydavatel: Česká akustická společnost, Technická 2, 166 27 Praha 6 Vytisklo: Nakladatelství ČVUT, výroba
Počet stran: 20 Počet výtisků: 200
Redakční rada: M. Brothánek, O. Jiříček, J. Kozák, R. Čmejla, F. Kadlec, J. Štěpánek, P. Urban, J. Burčík
Jazyková úprava: R. Štěchová © ČsAS
Uzávěrka příštího čísla Akustických listů je 31. května 2006.
NEPRODEJNÉ!