

УДК 621.391:658.2.016.7

Бреславський В. О., аспірант

(Державний університет телекомунікацій, м. Київ. +380 (93) 322 96 73. slaava@i.ua)

ВИМІРЮВАННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ МОВИ В ТЕЛЕФОННИХ СИСТЕМАХ. ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ PESQ, ЯК ОЦІНКИ СПРИЙНЯТТЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ МОВИ

Бреславський В. О. Вимірювання якості передачі мови в телефонних системах. Використання алгоритму PESQ, як оцінки сприйняття якості передачі мови. У статті розглядаються питання вимірювання якості передачі голосу при телефонному з'єднанні. Для вимірювань та оцінки якості телефонної передачі голосової інформації використовуються такі методи: розбірливості, еквівалента загасання по гучності, еквівалента загасання по розбірливості, повторень, думок. Проведено аналіз основних методів вимірювання та оцінки якості передачі мови. Особливу увагу приділено новим методам вимірювання якості. Одним з найновіших і перспективних методів вимірювання якості голосового телефонного трафіку є метод PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality – оцінка сприйняття якості передачі мови). Наведено детальний опис алгоритмів методу, в графічному вигляді відображені основні елементи. Дана оцінка доцільності впровадження методу PESQ на мережах операторів зв'язку.

Ключові слова: телефонна система, еквівалент загасання, розбірливість, якість передачі мови, вимірювання якості, алгоритм PESQ, суб'єктивна оцінка якості

Бреславский В. А. Измерение качества передачи речи в телефонных системах. Использование алгоритма PESQ, как оценки восприятия качества передачи речи. В статье рассматриваются вопросы измерения качества передачи голоса при телефонном соединении. Для измерений и оценки качества телефонной передачи голосовой информации используются такие методы: разборчивости, эквивалента затухания по громкости, эквивалента затухания по разборчивости, повторений, мнений. Проведен анализ основных методов измерения и оценки качества телефонной передачи голосовой информации. Особое внимание уделено новым методам измерения качества. Одним из самых новых и перспективных методов измерения качества голосового телефонного трафика является метод PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality – оценка восприятия качества передачи речи). Приведено детальное описание алгоритмов метода, в графическом виде отображены основные элементы. Показана целесообразность внедрения метода PESQ на сетях операторов связи.

Ключевые слова: телефонная система, эквивалент затухания, разборчивость, качество передачи речи, измерение качества, алгоритм PESQ, субъективная оценка качества

Breslavskyy V. O. Measuring of transmission voice quality at public-call systems. Use of PESQ algorithm for estimation of perception of transmission quality speech. In the article the questions of measuring of transmission voice quality at public-call connection are examined. For measuring and estimation of quality of the phone call the next methods are used: intelligibility, equivalent attenuation of the volume, equivalent attenuation of the intelligibility, reps, opinions. The analysis of basic methods for measuring and estimation voice quality is conducted. Particular attention is paid to new methods for measuring quality. One of the newest and most promising methods for measuring the quality of voice telephone traffic is a method – PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality). The detailed description of method algorithms is resulted, main elements are represented in a graphic kind. Expedience of introduction PESQ method on the operator networks is rotined.

Keywords: public-call system, fading equivalent, legibility, quality of passing to speech, quality measuring, PESQ algorithm, subjective estimation of quality

1. Вступ. Інтенсивний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, додатків та протоколів, що вимагають високих швидкостей передачі даних, зростання трафіку та пов'язана з цим тенденція до зростання ймовірності перевантаження мережі зв'язку, призводить до деградації якості послуг зв'язку. Це підтверджується статистикою скарг на якість надаваних послуг зв'язку. Наприклад, згідно з даними, опублікованими на Web-сайті Роскомнадзора (Росія), кількість скарг за 9 місяців 2012 року зросла на 20 % у порівнянні з попереднім роком.

На сучасному ринку послуг зв'язку, на якому попит на послуги зв'язку досяг насичення, основну увагу операторів зв'язку спрямовано на розширення переліку послуг та підвищення їх якості.

Згідно із дослідженням, проведеним компанією А.Т. Kearney, яка обстежувала 21 країну, вимоги щодо забезпечення якості послуг у більшості зарубіжних країн відносяться до послуг фіксованого телефонного та рухомого зв'язку, доступу в Інтернет та універсальних послуг.

Підвищення вимог до якості послуг фіксованого зв'язку пояснюється тим, що мережі телефонного зв'язку історично складають основу телекомунікаційної інфраструктури, тому в більшості зарубіжних країн на операторів зв'язку накладаються вимоги по вимірюванню якості послуг і опублікуванню результатів вимірювань. З метою підтримки послуг якості на необхідному рівні, варто здійснювати моніторинг якості телекомунікаційних послуг. Основними цілями такого моніторингу якості послуг зв'язку є *підтримка* конкурентоспроможності на телекомунікаційному ринку, а також *визначення* необхідності розширення та модернізації мережі зв'язку для забезпечення підтримки контрольованих значень показників якості послуг зв'язку при зростаючому обсязі пропуску трафіку [1].

Постійний моніторинг якості зв'язку також сприятиме поліпшенню конкурентного середовища на ринку послуг зв'язку, модернізації мережевої інфраструктури в напрямку впровадження інформаційних систем управління якістю послуг зв'язку на мережах українських операторів зв'язку.

2. Методи оцінки і норми якості телефонної передачі мови. Сама по собі якість передачі по телефонному тракту визначається ступенем відповідності між прийнятим і переданим повідомленнями і характеризується гучністю, розбірливістю і природністю (натуральністю) відтворюваних звуків мови. Для точного відтворення на приймальному кінці телефонного тракту переданої мови він повинен пропускати всі складові звукових коливань і не вносити при цьому ніяких спотворень. Проте, досягти цього технічно складно і дорого внаслідок появи в тракті завад, "перехідних" розмов, амплітудно-частотних і нелінійних спотворень сигналів. Тому, до телефонних трактів, призначених для передачі мови, в якості основної вимоги пред'являється не точне відтворення всіх звуків мови в пункті прийому, а забезпечення мови, достатньої для розуміння. Для об'єктивної оцінки якості телефонної передачі існує кілька методів. Розглянемо найбільш поширені з них.

2.1. Метод розбірливості. Мірою розбірливості є величина, яка визначається відношенням числа правильно прийнятих по випробовуваному тракту елементів мовлення (звуки, склади, слова чи фрази) до загального числа переданих елементів і виражається у відсотках. Чіткість телефонного тракту можна визначити експериментально або розрахувати.

Найчастіше визначають складову розбірливість, тобто розбірливість звукосполучень, що не мають смислового значення. Склади становлять за певними правилами і передають у вигляді таблиць по 100 складів у кожному. Як приклад можна привести наступний рядок з складових артикуляційних таблиць: лір, промінь, чтел, жась, лінь, немає, сварок, лась, кеш, маф. Для отримання достатньо достовірних результатів необхідно передати по випробовуваному тракту не менше 2000 складів за участю спеціально підготовлених операторів. Відсоток або частка правильно прийнятих складів називається коефіцієнтом складової розбірливості S і служить критерієм якості телефонної передачі. Якість випробовується тракту вважається задовільним при складової розбірливості $S = 40 \div 55 \%$, добрим – при $S = 55 \div 80 \%$, і відмінним – при $S > 80 \%$. Між розбірливістю складів і інших елементів мовлення існує певна залежність: знаючи складову розбірливість, можна визначити розбірливість звуків – D , слів – W і фраз – I . При однакових умовах розбірливість фраз I вище розбірливості слів W і звуків D .

Процес визначення розбірливості може бути автоматизований за допомогою спеціальної апаратури для передачі і прийому тональних сигналів, відповідних за рівнями передачі мовним сигналам.

Чіткість телефонного тракту можна розрахувати аналітичним методом розрахунку розбірливості формант. Сутність цього методу полягає в наступному. Частотний діапазон каналу або тракту ділиться на 20 смуг, не однакових по ширині, але з рівною часткою формант $\Delta A_k = 0,05$. При передачі спектру частот з 20 смуг сумарна розбірливість складає один формант. Форманта – термін фонетики, що позначає акустичну характеристику звуків мови (насамперед голосних), пов'язану з рівнем частоти голосового тону і утворює тембр звуку.

Імовірність сприйняття формант на приймальному кінці тракту P_k визначається рівнем відчуття формант E_f і приймає значення від 0 до 1.

Метод розбірливості (артикуляція) був використаний для визначення смуги частот, необхідної і достатньої для передачі мови. Дослідження показали, що на значення коефіцієнта розбірливості не впливає виняток спектра частот нижче 300 Гц і вище 3400 Гц.

Це пояснюється тим, що розбірливість мови залежить насамперед від сприйняття формант, більшість яких лежить в області частот до 3400 Гц. На підставі викладеного Міжнародний консультативний комітет з телефонії і телеграфії (МККТТ) рекомендує обмежуватися смугою переданих частот від 300 до 3400 Гц (тональний спектр частот). Для службових зв'язків допускають звуження спектра частот до 2400 Гц. В якості середньої розрахункової частоти приймають частоту 800 або 1000 Гц.

На розбірливість мови впливають різні фактори: гучність звуку, шуми, ширина смуги частот, затухання тракту та інші. Занадто тиха або дуже голосна мова стає нерозбірливою. З ростом загасання телефонного тракту розбірливість мови знижується. Водночас дія на вухо слухача дуже гучного звуку призводить до виникнення спотворень мови і зниження розбірливості.

За нормами МККТТ якість зв'язку вважається задовільним, якщо складова розбірливість не менш 40%, тобто $S \geq 40\%$.

2.2. Метод еквівалента загасання по гучності (ЕЗГ). Цей метод заснований на порівнянні гучності при передачі мови по випробовуваній системі та еталонної. Еталонна система складається з передавальної частини (еталонний мікрофон, підсилювач), магазину загасання (МЗ) та приймальні частини (підсилювач прийому і еталонний телефон) і забезпечує неспотворену передачу в широкому діапазоні частот і рівність звукових тисків на приймальному і передавальному кінцях.

Еквівалентом загасання по гучності (ЕЗГ) називається загасання a_{ee} , яке потрібно ввести в еталонну систему (регулюючи загасання магазину МЗ) для одержання однакової гучності на приймальному кінці при передачі мови через випробовуваний і еталонний тракту. При цьому гучність на передавальному кінці повинна підтримуватися постійною, відповідної звуковому тиску $P=1$ Па.

Якщо потрібно визначити якість тільки приймальні або передавальної частини телефонного тракту, то в першому випадку передача по еталонної і випробувальної системам ведеться через один і той же еталонний мікрофон, а в другому випадку прийом від еталонного і випробовуваного, мікрофонів ведеться на один і той же еталонний телефон.

Еквівалент загасання можна вимірювати за допомогою операторів або спеціальної апаратури. У першому випадку по тракту передається умовна фраза на мові даної країни, обрана за ознакою вмісту в ній основних голосних звуків, наприклад для української мови це фраза «Не бачили ми такого невода». У другому випадку вимірювання проводять приладом – вимірником еквівалента загасання, що прискорює процес вимірювань і підвищує їх точність.

За нормами МККТТ ЕЗГ телефонного тракту не повинен перевищувати 36,2 дБ [2].

Метод еквівалента загасання по гучності ЕЗГ використовується головним чином для оцінки якості апаратури, що виробляється промисловістю.

2.3. Метод еквівалента загасання по розбірливості (ЕЗР). Цей метод заснований на порівнянні розбірливості мови при її передачі по випробовуваному і еталонному трактах. При цьому еквівалентом загасання по розбірливості називають різницю між загасаннями, які потрібно ввести в еталонну і випробовувану системи для отримання в кожній з них звуковий розбірливості $D = 80 \%$.

Еталонна система (апаратура) для вимірювання еквівалента загасання по розбірливості має такі параметри, при яких вона виявляється еквівалентної повітряному тракту між двома співрозмовниками, що знаходяться в кімнаті на відстані 1 метр один від одного.

Метод ЕЗР дозволяє проводити вимірювання параметрів телефонного тракту в цілому та окремих його елементів. За нормами МККТТ еквівалент загасання по розбірливості всього телефонного тракту не повинен перевищувати 44,9 дБ. Еквівалент загасання по розбірливості лінійної частини телефонного тракту ЕЗР за рекомендацією МККТТ визначається як середнє значення затухання ліній на частотах 500; 1000; 2000; 3000 Гц.

При оцінці якості телефонної передачі за розглянутими методам (розбірливість і еквівалент загасання) в якості звукового матеріалу використовують не живу мову, а її імітацію у вигляді передачі артикуляційних таблиць або стандартних фраз, що не відповідає дійсним умовам розмови. Тому знаходять застосування й інші методи, при яких оцінка якості передачі ведеться на основі реального розмови.

2.4. Метод повторень. Цей метод заснований на статистичному спостереженні за телефонними розмовами абонентів в реальних умовах і полягає у визначенні числа повторень (перезапитів) за 100 хв. розмови. Якість передачі вважається задовільним, якщо число перезапиту за цей час не перевищує трьох.

Даний метод найбільш простий, але для отримання достовірних результатів потрібні великі витрати часу (один цикл випробувань триває 70...80 год).

2.5. Метод думок. Даний метод заснований на збірних оцінках (думках) якості телефонної передачі, що даються абонентами, які ведуть розмову в звичайних умовах, характерних для випробовуваного телефонного тракту. При цьому показником якості є середній бал за умовною п'ятибальною шкалою якості, який визначається на основі досить великого числа суб'єктивних оцінок, або ймовірність появи оцінок заданих категорій [3].

До участі у випробуваннях за методом думок залучаються не менше 12 пар звичайних телефонних абонентів, які послідовно і попарно ведуть розмову по випробовуваному тракту протягом 5 хв. Тема розмови може бути довільною, але для полегшення її вибору і виключення тривалих пауз МККТТ рекомендує вести переговори, пов'язані зі словесним описом малюнків спеціальних геометричних фігур. Отже, для 12 пар операторів з урахуванням часу, необхідного для їх зміни, потрібно загальний час випробувань 1...1,5 год. У результаті одержують 24 оцінки Y_k за п'ятибальною системою.

2.6. Оцінка факторів впливу на телефонну передачу. Вплив заважаючих факторів на якість зв'язку можна врахувати за допомогою параметра, названого за рекомендацією МККТТ втратою якості передачі. Цей параметр визначає значення додаткового загасання $\Delta\alpha$, яке слід ввести в еталонний тракт для одержання однакової гучності або розбірливості мови в еталонному і досліджуваному трактах при заважають факторах в останньому. Іншими словами, вплив заважає фактора прирівнюється до введення в розмовну тракт додаткового загасання $\Delta\alpha$.

Втрати якості передачі при прийомі мови в телефоні через шуми в приміщенні враховують при відмінності рівня акустичного шуму $V_{ш}$ від 40 дБ і визначають по кривій МККТТ. При середньому значенні шуму в приміщенні чергового по станції 65 дБ дія шуму рівноцінна збільшенню загасання тракту на 10 дБ.

На реальний розмовний тракт, як правило, одночасно впливає кілька заважаючих чинників. Сумарне значення втрат якості передачі в цьому випадку Δa визначається логарифмічним складанням втрат якості від кожного фактора:

Оцінивши окремо і в цілому кількісний вплив заважаючих чинників на затухання розмовного тракту, можна визначити, які з цих факторів мають найбільший вплив на телефонну передачу, і намітити економічно виправдані заходи щодо підвищення якості зв'язку [2, 3].

3. Нові методи вимірювання якості. Одним з найновіших і перспективних методів вимірювання якості голосового телефонного трафіку є метод PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality – оцінка сприйняття якості передачі мови). Зауважимо, що вимірювання на телекомунікаційних мережах з використанням даних алгоритмів в Україні не проводяться, тому розгляд даного алгоритму є апробацією найостанніших світових стандартів.

Даний алгоритм вимірювання якості являє собою об'єктивну методику визначення якості мовної зв'язку в телефонних системах, яка прогнозує результати суб'єктивної оцінки якості цього виду зв'язку слухачами-експертами. Для визначення якості передачі мови в PESQ передбачено порівняння вхідного, або еталонного (reference), сигналу з його спотвореною (degraded) версією на виході системи зв'язку.

Цей процес схематично показаний на Рис. 1.



Рис. 1. Метод PESQ

Результатом порівняння вхідного і вихідного сигналів є оцінка якості зв'язку, яка аналогічна усередненій суб'єктивній оцінці MOS (Mean Opinion Score), яка визначається групою слухачів-експертів згідно специфікації MCE-T P.800. Оцінки PESQ калібруються з використанням величезної бази даних оцінок MOS.

У PESQ закладено багато нових розробок, що вигідно відрізняє його від попередніх алгоритмів оцінки якості роботи мовних кодеків, наприклад, PSQM і MNB [MCE-T P.861]. Ці інновації дають можливість впевнено використовувати PESQ як для визначення якості наскрізної (end-to-end) передачі мови, так і для оцінки впливу на якість зв'язку окремих елементів мережевого обладнання, включаючи кодеки.

У процесі розробки стандарту PESQ фахівці MCE-T відбирали кращі методи визначення якості мовної зв'язку з точки зору кореляції даються ними результатів з оцінками MOS при різних умовах зв'язку, що є гарантією хорошої роботи стандартизованого алгоритму при тестуванні звичайних (фіксованих і мобільних) мереж і систем передачі пакетних даних.

В алгоритмі PESQ враховуються такі причини погіршення якості сигналу: *спотворення* його при кодуванні; *помилки* при передачі; *втрата* пакетів; *час* затримки передачі пакетів і флюктуація цього часу; *фільтрація* сигналу в аналогових мережевих компонентах.

У PESQ не враховується вплив на якість зв'язку змін рівня сигналу в мережі, наявності луна-сигналу і кругової затримки (round-tripdelay).

3.1. Операції, передбачені в PESQ. На Рис. 2 представлений процес обробки сигналів, що проводиться відповідно до алгоритму PESQ.

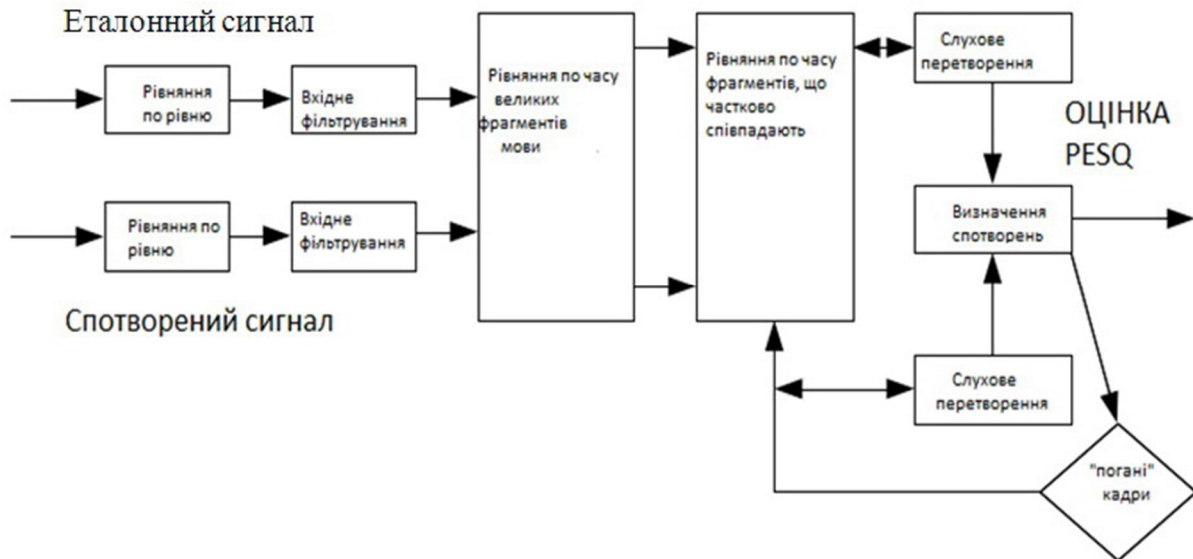


Рис. 2. Алгоритм PESQ

Даний процес включає в себе наступні стадії:

Рівняння (вирівнювання) по рівню. Для коректного порівняння вхідного і вихідного мовних сигналів їх рівень потужності потрібно вирівнювати. Це необхідно, оскільки вхідний сигнал не може бути якогось певного рівня, і коефіцієнт підсилення тестованої системи невідомий до проведення випробувань. У PESQ прийнято, що рівень прослуховування сигналу постійний і дорівнює 79 дБ [МСЕ-Т Р.830, розділ 8.1.2]. Для доведення до вказаного рівня посилюються обидва сигнали – вхідний і вихідний.

Вхідні фільтрування. Аналогові з'єднання часто в тій чи іншій мірі фільтрують передані по ним сигнали. Наприклад, передавальна частина телефонної трубки зазвичай фільтрує мовний сигнал, маючи амплітудно-частотну характеристику (АЧХ), яка схожа на стандартну АЧХ [4, 5, 8, 10]. Як правило, це припустимо, оскільки такого роду обробка сигналу чинить менший вплив на якість зв'язку, ніж спотворення сигналу, що виникають при його кодуванні. В алгоритмі PESQ передбачена компенсація будь-якого виду фільтрування у мережі.

Рівняння (вирівнювання) за часом. У системі зв'язку може мати місце мінлива затримка передачі сигналів. Щоб коректно порівнювати вхідний і вихідний сигнали, вони повинні бути вирівняні відносно один одного за часом. У PESQ моделюється прослуховування сигналу, а інформації про час затримки останнього в мережі в ньому немає. Для ідентифікації мовних частин сигналу і відкидання шуму в PESQ виявляється голос.

Вирівнювання по часу проводиться в три етапи:

– *На першому етапі* PESQ вирівнює великі фрагменти активної мови, ідентифіковані детектором голосу. Ці фрагменти можуть містити паузи, тривалість яких не перевищує заздалегідь визначеного граничного значення (200 мс). У цьому процесі виявляється затримка передачі великих фрагментів вихідного сигналу, порівнюваного з вхідним.

– На другому етапі PESQ вирівнює частково співпадаючі за часом невеликі ділянки мови (кадри). Цей процес виявляє затримку, яка непостійна протягом передачі великого фрагмента активної мови, але в пакетних мережах така затримка може бути досить значною.

– Третій етап проводиться після операції слухового перетворення. На цьому етапі повторно вирівнюються так звані “погані інтервали” (фрагменти мови з дуже великими спотвореннями). Цей крок підвищує точність роботи алгоритму при використанні невеликого числа файлів, при передачі яких неправильно визначається варіація затримки в ході первинного процесу вирівнювання за часом.

Слухове перетворення. Порівнянню вхідного і вихідного сигналів передують їх слухове перетворення, яке імітує певні особливості людського слуху. Це дає інформацію про сприйману гучність сигналу залежно від часу і частоти, подану як поверхня сприйняття (sensation surface).

Визначення параметрів спотворень. Різниця між поверхнями сприйняття вхідного і вихідного файлів називається поверхнею помилок (error surface); вона вказує на всі чутні відмінності у звучанні цих файлів, що з'являються в тестованій системі. Поверхня помилок аналізується з урахуванням впливу на якість зв'язку тих невеликих спотворень сигналу, які не чутні на тлі сигналів великої гучності – ефект маскування) [6].

На підставі інформації про позитивні та негативні помилки розраховуються два параметри спотворень як нелінійні середні значення за певними областями поверхні помилок.

Цими параметрами є: *абсолютні* (симетричні) спотворення – характеризують абсолютну чутну помилку; *додаткові* (асиметричні) спотворення – характеризують чутні помилки, які значно голосніше вхідного сигналу.

Таким чином, алгоритм дає два параметри спотворень, в яких підсумовані значення помилок кожного типу. На кінцевому етапі роботи алгоритму дані параметри спотворень перетворюються в оцінку якості зв'язку, яка є лінійною комбінацією середніх значень симетричних і асиметричних спотворень.

3.2. Оцінка якості зв'язку PESQ. Алгоритм PESQ оцінює якість мови за стандартизованою в телекомунікаційній галузі п'ятибальною шкалою – від 1 до 5 [4, 6, 7].

Оцінка PESQ характеризує сприйняття користувачами якості зв'язку. Однак, оцінка PESQ не перевищує 4.5, оскільки, зазвичай, це максимальний показник, який отримують шляхом суб'єктивного тестування за алгоритмом MOS. Вища оцінка, яка дорівнює 4.5, означає, що алгоритм не виявив ніяких спотворень. Чим більше спотворень, тим гірше якість зв'язку. Розроблено ряд альтернативних оцінок, які виходять шляхом перетворення вихідної оцінки PESQ і краще корелюють з суб'єктивними оцінками MOS.

Оцінка PESQ-LQ заснована на тій же самій п'ятибальною шкалою, що й оцінка MOS. (PESQ-LQ не перевищує 4,5, оскільки алгоритм MOS рідко дає більш високий бал.) На відміну від стандартної оцінки PESQ, оцінка PESQ-LQ ближче до суб'єктивній оцінці MOS.

Оцінка P.862.1. Метою окремої рекомендації MCE-T P.862.1 є забезпечення однозначного перетворення оцінки PESQ в оцінку MOS-LQO.

Оцінка P.862.2. Метою окремої рекомендації MCE-T P.862.2 є забезпечення однозначного перетворення оцінки PESQ в оцінку PESQ.

Функція перетворення, представлена в рекомендації MCE-T P.862.1, дає найбільш близькі значення до оцінки MOS за методом ACR-LQ, визначеному в специфікаціях MCE -T P.800/P.830. Експертна оцінка MOS варіюється від тесту до тесту, але оцінка PESQ-LQ є хорошим пророкуванням MOS, приймаючим до уваги велику кількість експертних оцінок.

3.3. Управління метриками PESQ. Алгоритм PESQ реалізує наступні моделі:

– стандартну P.862 (використання вузькосмугових трубок для передачі і прийому вхідного і вихідного сигналів);

- із записом вихідного сигналу за допомогою манекена HATS (Head and Torso Simulator) і використанням широкосмугового вхідного сигналу;
- широкосмугову з оцінкою за стандартом P.862.2., PESQ-LQ;
- за рекомендацією P.862.1 .

3.3. Вхідні фільтри PESQ. Залежно від вибору моделі, PESQ визначає сам, який вхідний фільтр застосувати. У стандартних вузькосмугових вимірах за методом PESQ фільтрації піддаються вхідний і вихідний сигнали перед їх вирівнюванням за часом і психоакустичною обробкою.

Використовуваний фільтр, який описаний в специфікації P.830, показаний на Рис. 3. Він апроксимує АЧХ звичайної телефонної трубки.

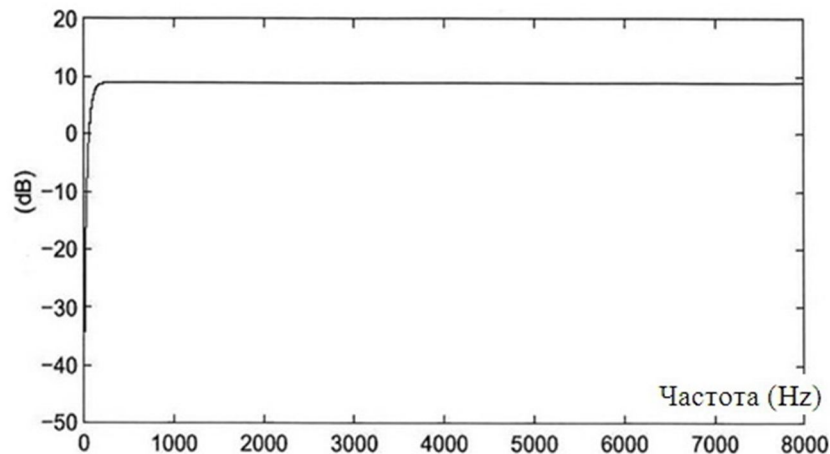


Рис. 3. Характеристика широкосмугового вхідного фільтра PESQ

3.4. Отримання результатів PESQ.

Оцінка PESQ. PESQ видає оцінку за шкалою якості прослуховування, яка є стандартною в телекомунікаційній індустрії і визначена в специфікації MCE-T P.800. Діапазон оцінки – від 1 до 4.5.

Оцінка PESQ-LQ. Ця оцінка ближче до суб'єктивній оцінці MOS.

Оцінка P.862.1. Ця оцінка ближче до суб'єктивній оцінці MOS при вузькосмуговій зв'язку.

Оцінка P.862.2. Ця оцінка ближче до суб'єктивній оцінці MOS при використанні широкосмугового моделі[4...11].

Часове відхилення. Для того, щоб працювати з непостійною затримкою, PESQ поділяє сигнал на деяку кількість фрагментів активної мови. Кожен фрагмент окремо вирівнюється за часом. Середнє значення тимчасових відхилень показується разом з їх розкидом і середнькватратическим відхиленням. Часові відхилення між фрагментами відображаються у вигляді графіка.

Покадрова затримка. Покадрова затримка використовується в розрахунку оцінки якості PESQ. Фрагменти промови розбиваються на кадри тривалістю 32 мс. До кадрів застосовується вирізана функція, яка дає більшу вагу центральній частині кожного кадру тривалістю 16 мс, і існує 50%-е перекривання між сусідніми кадрами. Таким чином, фактично кожен кадр має довжину 16 мс, що може бути представлено як вибірка з періодом 16 мс. PESQ визначає затримку кожного кадру, ґрунтуючись на найближчому фрагменті мови. Використання покадрової затримки – найкращий спосіб відстеження флуктуацій затримки протягом передачі сигналу.

Підрахунок фрагментів розмови. Виводиться число фрагментів, які PESQ визначає у вихідному сигналі. Це число може бути більше або менше очікуваного, якщо мали місце короткочасні провали або більш тривалі паузи.

Доцільно використовувати ті з методів вимірювання якості послуг голосової телефонії, які дозволяє застосувати технологічна база підприємства, однак, слід впроваджувати вимірювання за допомогою методу PESQ, як найбільш передового і технічно досконалого [12, 13].

4. Висновок. Оператору телекомунікацій, з метою підвищення якості послуг і залучення нових абонентів, доцільно створити систему контролю якості надання послуг зв'язку, що дозволяє оцінювати якість послуг зв'язку та формувати доказову базу для вирішення спорів користувачів послугами зв'язку з операторами зв'язку, включаючи створення єдиного інформаційного ресурсу (Web-порталу).

Постійний моніторинг якості надаваних послуг дозволить підвищити якість послуг зв'язку, що надаються на мережах українських операторів зв'язку, розвивати конкуренцію на ринку послуг зв'язку. Також доцільно використовувати метод PESQ для вимірювання якості. Даний алгоритм можна досить гнучко застосовувати як на мережах фіксованого телефонного зв'язку, так і на мережах мобільних операторів. Крім того, метод PESQ дозволяє проводити вимірювання на мережі, частина елементів якої підтримує і експлуатує абонентські SIP-пристрої.

Література

1. Концепция создания системы контроля качества предоставления услуг связи в Российской Федерации, 2012. 84 с.
2. Сергеенко В. С. Сжатие данных, речи, звука и изображений в телекоммуникационных системах / В. С. Сергеенко, В. В. Баринов. – Москва : ИП «РадиоСофт», 2009.
3. Рихтер С. Г. Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной связи / С. Г. Рихтер. Москва : Горячая линия-Телеком, 2009.
4. Сайт міжнародного союзу електрозв'язку [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.862/en>, (24.02.2014).
5. Сайт міжнародного союзу електрозв'язку [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.863/en> (24.02.2014).
7. Сайт міжнародного союзу електрозв'язку [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.800-199608-I/en> (24.02.2014).
8. Сайт міжнародного союзу електрозв'язку [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.830-199602-I/en> (24.02.2014).
9. ETSI EG 202 057-2. Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 2: Voice telephony, Group 3 fax, modem data services and SMS.
10. ETSI EG 202 057-3. Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 3: QoS parameters specific to Public Land Mobile Networks (PLMN).
11. ETSI EG 201 769-1. Guide Speech Processing, Transmission & Quality Aspects (STQ); QoS parameter definitions and measurements; Part 1: Parameters for voice telephony service required under the ONP Voice Telephony Directive 98/10/EC.
12. ETSI TS 102 250-1. Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in mobile networks; Part 1: Assessment of Quality of Service.
13. ETSI EG 202 057-3. Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 3: QoS parameters specific to Public Land Mobile Networks (PLMN).