

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Колбасін Вячеслав Олександрович

УДК 681.324

**МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ДІАЛОГУ З  
КОРИСТУВАЧЕМ У СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ  
ТЕЛЕФОНІЇ**

Спеціальність 05.13.06 - Інформаційні технології

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
**Куценко Олександр Сергійович**,  
Національний технічний університет “Харківський  
політехнічний інститут”, завідувач кафедри  
системного аналізу та управління.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Іванов Володимир Георгійович**,  
Національна юридична академія імені Ярослава  
Мудрого, завідувач кафедри інформатики та  
обчислювальної техніки.

кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
**Винокурова Олена Анатоліївна**,  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки, старший науковий співробітник  
проблемної науково-дослідної лабораторії  
автоматизованих систем управління

Захист відбудеться “ 25 ” червня 2009 р. о 14.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий “ 23 ” травня 2009 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07

І.П. Гамаюн.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Одним з основних напрямків розвитку сучасних інформаційних технологій є створення і вдосконалювання природних інтерфейсів взаємодії користувача та інформаційної системи. З цією метою були розроблені та застосовуються на практиці технології графічного інтерфейсу користувача, рукописного і мовного вводу. Однак усі вони вимагають наявності у користувача спеціального терміналу для взаємодії з інформаційною системою та певних навичок у роботі з ним.

Достатньо актуальним із практичної точки зору є використання для організації взаємодії користувача та інформаційної системи телефонної мережі загального користування (ТфЗК). Обумовлено це тим, що ТфЗК вже має найбільш розгалужену мережу терміналів (телефонних апаратів) і практично все населення вміє ними користуватися. Крім того, телефонною мережею загального користування здійснюється велика кількість інформаційно-довідкових послуг, автоматизація яких здатна дати значний економічний ефект.

Основною проблемою при організації взаємодії користувача та інформаційної системи за допомогою ТфЗК є прийом інформації від користувача. Найбільш зручним для користувача було б передавати інформацію в мовній формі. Але, на жаль, розпізнавання мовного сигналу, який був переданий телефонними каналами, досі є серйозною проблемою цифрової обробки сигналів. Більш надійним та простим для реалізації способом передачі інформації від користувача до інформаційної системи є донabor номера. У цьому випадку користувач передає дані системі, набираючи певні цифри на номеронабирачі свого телефонного апарата.

Застосування стандартних методів розпізнавання сигналів донaborу номера у вітчизняному сегменті ТфЗК не забезпечує достатньої для практичних застосувань якості розпізнавання. Факторами, що погіршують якість розпізнавання, виступають нестабільність параметрів устаткування ТфЗК і підвищений рівень шуму та завад у вітчизняних лініях зв'язку. Таким чином, створення методів розпізнавання донaborу номера в тональному та імпульсному режимах, стійких до відхилення параметрів сигналу від стандартних значень і до підвищеного рівня шуму представляється актуальним науково-практичним завданням, та складає напрямок дисертаційного дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження в дисертаційній роботі проводилися на кафедрі системного аналізу і управління НТУ «ХП» відповідно до плану науково-дослідних робіт МОН України у рамках держбюджетної теми «Розробка теоретичних основ, математичних методів та алгоритмів розв'язання обернених задач обробки сигналів і управління в умовах невизначеності» (№ ДР 0102U000975) де здобувач брав участь як виконавець окремого розділу.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є забезпечення достовірності взаємодії користувача з інформаційною системою, що здійснюється телефонною мережею загального користування, за рахунок

вдосконалювання, розробки і впровадження методів розпізнавання отриманої від користувача інформації.

Досягнення мети забезпечується вирішенням наступних задач:

- аналіз існуючих методів забезпечення інтерактивної взаємодії користувача та інформаційної системи за допомогою телефонної мережі;
- аналіз властивостей існуючих методів розпізнавання сигналів набору номера в тональному режимі (ННТР) у присутності полігармонійних завад і при відхиленні параметрів сигналу ННТР від номінальних значень;
- розробка швидкої процедури оцінки величини відхилення реальної частоти гармонійного компонента полігармонійного сигналу спеціального виду від номінального значення;
- розробка методу розпізнавання сигналу ННТР в умовах істотного відхилення частот сигнальних компонентів (СК) від номіналу та підвищеного рівня шуму;
- розробка методу розпізнавання сигналу донабору номера в імпульсному режимі (ДНІР) у присутності мовної завади та тональних сигналів АТС;
- розробка інформаційних технологій забезпечення достовірності діалогу з користувачем і впровадження їх у практику створення телефонного інтерфейсу користувача інформаційних систем.

*Об'єкт дослідження.* Процес інтерактивної взаємодії користувача і інформаційної системи за допомогою телефонної мережі загального користування.

*Предмет дослідження.* Методи та інформаційні технології забезпечення достовірності діалогу з користувачем у системах комп'ютерної телефонії.

*Методи дослідження.* Для розв'язання задач дослідження використовуються методи теорії цифрової обробки сигналів і теорії спектрального оцінювання. При розробці методу розпізнавання сигналів ННТР, що є стійким до істотного відхилення параметрів сигнальних компонентів від номіналу та до підвищеного рівня шуму, було використано методи непараметричного спектрального оцінювання. При розробці методів розпізнавання сигналів ДНІР було використано методи теорії цифрової обробки сигналів і методи швидкого спектрального оцінювання. При оцінці показників якості детектора ННТР було використано методи імітаційного моделювання.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Основний науковий результат полягає у розвитку теоретичних методів цифрової обробки сигналів, методів швидкого спектрального оцінювання та методів побудови телефонного інтерфейсу користувача інформаційних систем. При цьому:

1. Вперше запропоновано процедуру оцінки величини відхилення реальної частоти гармонійного компонента полігармонійного сигналу спеціального виду від номінального значення, що використовує дві оцінки спектральної щільності потужності (СЩП), які обчислено при різних довжинах вікон аналізу, та відрізняється від відомих процедур меншими витратами обчислювальних ресурсів.

2. Вперше запропоновано метод розпізнавання сигналів ННТР, який відрізняється від існуючих наявністю адаптації до типу й рівня завади, що дозволило підвищити ймовірність вірного розпізнавання сигналу ННТР у випадках істотного відхилення частот СК від номіналу та підвищеного рівня завади.

3. Вперше запропоновано метод розпізнавання сигналів донабору номера в імпульсному режимі, який на відміну від існуючих може бути використаним в присутності полігармонійної завади, що дозволило підвищити ймовірність вірного розпізнавання сигналу ДНІР, який зашумлений мовним сигналом та тональними сигналами АТС.

4. Вдосконалено метод Гертцеля обчислення оцінок СЦП в одній точці частотної області на основі запропонованої модифікації, яка передбачає однократну обробку ділянок перекриття вікон аналізу, що дозволяє знизити витрати обчислювальних ресурсів при знаходженні оцінок спектральної щільності потужності;

5. Вдосконалено метод оцінки якості декодерів сигналів ННТР на основі запропонованої схеми оцінювання спільного впливу відхилення частот СК від номіналу та співвідношення потужностей СК на факт розпізнавання сигналу, що дозволило врахувати в оцінках якості декодеру вплив спільного відхилення параметрів сигнальних компонентів від номіналу.

6. Одержали подальший розвиток інструментальні засоби інформаційних технологій комп'ютерної телефонії у запропонованій потоковій архітектурі програмного забезпечення систем комп'ютерної телефонії, яка дозволила за рахунок модифікації існуючої архітектури дерев фільтрів обробки медіа-даних зменшити витрати обчислювальних ресурсів при реалізації застосувань комп'ютерної телефонії на базі вбудованих систем.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у впровадженні отриманих теоретичних результатів у практику побудови телефонного інтерфейсу користувача інформаційної системи. На основі запропонованих методів розпізнавання донабору номера було створено інформаційні технології забезпечення достовірності діалогу з користувачем у системах комп'ютерної телефонії, які можуть бути використані при проектуванні нових та адаптації існуючих систем.

Результати роботи впроваджено у:

- системах запису переговорів і оповіщення співробітників у філіях ВАТ «Кримгаз» (м. Сімферополь) для одержання підтвердження про отримання співробітником повідомлення.

- системі інтерактивного моніторингу рівня теплопостачання житлових будинків міста Харкова у ВАТ Харківська ТЕЦ-5 (м. Харків) для автоматизованого збору інформації від абонентів теплових мереж про рівень теплопостачання.

- навчальному процесі кафедри системного аналізу і управління НТУ «ХПІ» в лекційному курсі «Інформаційні технології системного аналізу» та при дипломному проектуванні.

**Особистий внесок здобувача.** Усі основні наукові результати дисертаційного дослідження, які виносяться на захист, отримані здобувачем особисто, серед них: процедура оцінки величини відхилення реальної частоти гармонійного компонента полігармонійного сигналу спеціального виду від номінального значення; метод розпізнавання сигналів набору номера в тональному режимі із адаптацією до типу й рівня завади; метод розпізнавання сигналів донабора номера в імпульсному режимі в присутності полігармонійної завади; вдосконалений метод Гертцеля обчислення оцінок спектральної щільності потужності; потокова архітектура програмного забезпечення систем комп'ютерної телефонії; вдосконалений метод оцінки якості декодерів сигналів набору номера у тональному режимі.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертації доповідалися й обговорювалися на конференціях: ISTA-2001 Workshop (Харків, 2001 р.); IX, XI, XII, XIII Міжнародних конференціях з автоматичного управління «Автоматика», (м. Донецьк, 2002 р., м. Київ, 2004 р., м. Харків, 2005 р., м. Вінниця 2006 р.); Третьому україно-російському науково-технічному і методичному симпозиумі «Сучасні інформаційні технології в науці, виробництві, освіті і управлінні» (м. Хмельницький, 2003 р.); IX Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз і інформаційні технології-2007», (м. Київ, 2007 р.).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи представлені в 14 наукових публікаціях, з яких 9 праць у фахових виданнях ВАК України.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, п'ятьох розділів, висновків і додатків. Повний обсяг дисертації складає 159 сторінок. Робота містить 37 рисунків за текстом, 10 таблиць за текстом, 1 додаток на 3 сторінках, список літератури з 141 найменування використаних літературних джерел на 14 сторінках.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми дослідження, сформульовано мету та визначені основні задачі роботи, зазначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача в роботу, наведено відомості про апробацію та публікації основних результатів роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз методів реалізації інтерфейсу користувача інформаційної системи за допомогою ТфЗК. Показано, що для систем комп'ютерної телефонії найбільш складним є розпізнавання отриманої від користувача інформації. Проведено аналіз існуючих методів розпізнавання сигналів ННТР і ДНІР. Виконано постановку завдання наукового дослідження.

На основі аналізу існуючих технологій організації додаткових видів обслуговування абонентів ТфЗК було показано, що виходячи з особливостей побудови і економічних підстав для реалізації телефонного інтерфейсу

користувача інформаційних систем найкраще підходить технологія комп'ютерної телефонії (КТ). При цьому можливості побудови діалогу між системою комп'ютерної телефонії (СКТ) і користувачем визначаються можливостями користувача й СКТ з прийому й передачі інформації. Показано, що найбільш складним є прийом і розпізнавання отриманої від користувача інформації. Остання може надходити або в мовному вигляді, або у вигляді цифрових послідовностей, які набираються на номеронабирачі телефонного апарата (донабор номера). Відповідно до літературних джерел розпізнавання донaborу номера є більш надійним і простим у реалізації, але в умовах вітчизняної ТфЗК при його реалізації виникає ряд проблем. Зокрема, найбільш надійно розпізнається донабор номера у тональному режимі, але в Україні його підтримують менш ніж половина парку ТА. Крім того, стандартні декодери сигналів ННТР не розраховані на роботу при підвищеному рівні шуму і на розпізнавання сигналів зі значним відхиленням параметрів від номінальних значень, що є характерним для багатьох сегментів вітчизняної ТфЗК.

У розділі наведено огляд існуючих методів розпізнавання сигналів ННТР і ДНІР. Показано, що при обмежених обчислювальних ресурсах методи розпізнавання сигналів ННТР, які використовують непараметричні методи спектрального оцінювання, є більш стійкими до завад і відхилення параметрів сигналу від номінальних значень, тому їх було обрано як базові для розробки методу розпізнавання сигналів ННТР. У науковій літературі недостатньо публікацій, які присвячені методам розпізнавання ДНІР, але присутня досить велика кількість публікацій про пристрої, які розпізнають ДНІР, що дозволяє зробити висновок про практичну важливість даної проблематики.

**Другий розділ** присвячено розробці методу розпізнавання сигналу ННТР, що є стійким до підвищеного рівня завади та істотного відхилення параметрів СК від номіналу.

Сигнал ННТР являє собою суму двох синусоїдальних сигналів (сигнальних компонентів, СК), частоти яких обираються із двох непересічних підмножин: частот нижньої  $W_l$  й верхньої груп  $W_h$ . Разом вони становлять множину частот сигналу ННТР  $W$ . Цифра кодується вибором однієї частоти з  $W_l$  і однієї частоти з  $W_h$ .

Класичний метод розпізнавання сигналу ННТР передбачає розбиття прийнятого сигналу на вікна аналізу та знаходження для кожного вікна оцінок СЦП  $S_i$  на всіх частотах множини  $W$ . Далі обираються дві частоти, яким відповідають найбільші значення оцінок СЦП, і з припущення, що вони є частотами СК, шляхом аналізу обчислених оцінок СЦП виконується перевірка дотримання вимог стандарту.

У роботі було виконано аналіз поведінки класичного методу у випадках відхилення частот СК від номіналу і підвищеного рівня завади. Було виявлено, що основною причиною помилок розпізнавання є спільна перевірка виконання обмежень стандарту на відхилення частот СК від номіналу і на співвідношення потужностей СК (твіст), що виконується з використанням оцінок СЦП на частотах СК. Оскільки оцінка СЦП залежить як від відхилення частоти СК від

номіналу, так і від потужності СК, при їхній одночасній зміні може відбутися як помилкове розпізнавання, так і помилковий пропуск цифри. Знайти ж незалежні оцінки частоти й потужності СК у рамках прийнятих обмежень на витрати обчислювальних ресурсів у загальному випадку не представляється можливим. Однак при низькому рівні завади оцінку відхилення частоти СК від номіналу можна знайти за двома оцінками СЦП на частотах СК, які обчислено при різній ширині елемента розрізнення за частотою (біна). На підставі цього в роботі пропонується наступний підхід до оцінювання параметрів сигналу ННТР:

1) якщо вплив завади є малим, то обчислюються оцінки відхилення частот СК від номіналу й відповідним чином корегуються оцінки СЦП на частотах СК;

2) у протилежному випадку, коли вплив завади є великим, для зниження кількості помилкових спрацьовувань виконується уточнення оцінок СЦП на частотах СК при малій ширині біна.

Якщо в області частот кожної групи присутня тільки одна явно виражена гармоніка, то для СК, реальна частота якого дорівнює  $f'$ , при використанні прямокутного спектрального вікна оцінку СЦП  $S_{\mathcal{F}}$  на частоті  $f$  можна представити як

$$S_{\mathcal{F}} = S_{NS} + S_{\text{ННТР}} \cdot W_{\mathcal{F}} - f', \quad (1)$$

де  $S_{NS}$  - енергія завади, що припадає на бін;  $S_{\text{ННТР}} \cdot \mathcal{F}$  - СЦП вихідного сигналу ННТР;  $W_{\mathcal{F}} = \frac{\sin \pi \cdot T \cdot g}{\pi \cdot T \cdot g}$  - функція прямокутного спектрального вікна.

Оцінки СЦП  $S_1 \cdot \mathcal{F}$  і  $S_2 \cdot \mathcal{F}$ , що були обчислені при довжинах вікон аналізу  $N_1$  й  $N_2$ , зв'язані співвідношенням

$$\frac{S_1 \cdot \mathcal{F} - S_{NS}}{S_2 \cdot \mathcal{F} - S_{NS}} = \frac{N_2 \cdot \sin \pi \cdot \mathcal{F} - f' \cdot N_1 / f_{\text{смп}}}{N_1 \cdot \sin \pi \cdot \mathcal{F} - f' \cdot N_2 / f_{\text{смп}}}. \quad (2)$$

Для практичних застосувань залежність (2) зручно апроксимувати функцією

$$\frac{S_1 \cdot \mathcal{F} - S_{NS}}{S_2 \cdot \mathcal{F} - S_{NS}} = \frac{a}{|f - f'| + b} + c. \quad (3)$$

Тоді оцінка відхилення частоти СК від номіналу знаходиться як

$$|f - f'| = \frac{a}{\frac{S_1 - S_{NS}}{S_2 - S_{NS}} - c} - b, \quad (4)$$

а корекція оцінки СЦП –



$$S_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot S_2 \cdot N_2 \cdot |f - f'|}{f_{\text{смп}} \cdot \sin \pi \cdot N_2 \cdot |f - f'| / f_{\text{смп}}} \quad (5)$$

Щоб оцінити ступінь впливу завади необхідно визначити, чи є гармоніка СК єдиною, що явно виражена в області частот відповідної групи. Для цього пропонується евристичне правило, яке використовує оцінки СЦП на всіх частотах сигналу ННТР при ширині біна, що забезпечує перекриття головних пелюсток бінів у кожній групі частот сигналу ННТР. За цим правилом вплив завади вважається великим, якщо виконується одна з наступних умов:

- 1) хоча б в одній із груп частот значення двох найбільших оцінок СЦП, що були обчислені при бінах, які перекриваються, порівнянні;
- 2) оцінка СЦП на частоті СК істотно зменшується при звуженні ширини біна до тієї, яка використовується для розпізнавання сигналу ННТР.

Для захисту декодери від помилкового спрацьовування на ділянках мовного сигналу в класичному методі використовуються оцінки СЦП на частотах других гармонік СК. Якщо потужність другої гармоніки порівнянна з потужністю СК, то вважається, що дана ділянка сигналу містить мовний сигнал. Для деяких цифр друга гармоніка СК нижньої групи розташовується поблизу частоти СК верхньої групи. У цьому випадку спостерігається просочування енергії в оцінку СЦП на частоті другої гармоніки, що приводить до помилкового пропуску цифри. Щоб виключити цю ситуацію, в роботі запропоновано виконувати корекцію оцінки СЦП на частоті другої гармоніки частоти СК нижньої групи за наступною формулою

$$S_{\text{л}} \cdot f_{\text{л}} = S'_{\text{л}} \cdot f_{\text{л}} - S_{\text{г}} \frac{\sin \pi \cdot f_{\text{л}} - f_{\text{г}} \cdot N / f_{\text{смп}}}{\pi \cdot f_{\text{л}} - f_{\text{г}} \cdot N / f_{\text{смп}}}, \quad (6)$$

де  $S'_{\text{л}}$  – вихідне значення оцінки СЦП;  $S_{\text{г}}$  – скореговане значення оцінки СЦП;  $f_{\text{л}}, f_{\text{г}}$  – оцінки частот СК нижньої й верхньої груп;  $N$  - довжина вікна аналізу для обчислення оцінки СЦП на частоті другої гармоніки нижньої групи.

Для обчислення оцінок СЦП у класичному методі розпізнавання застосовується метод Гертцеля, що дозволяє обчислити оцінку СЦП у довільній точці частотної області. При обчисленні менш ніж  $2 \cdot \log_2 N$  оцінок, де  $N$  - довжина вікна аналізу, він виявляється обчислювально ефективнішим ніж алгоритми БПФ. Метод Гертцеля є двоетапним. На першому етапі вміст вікна аналізу обробляється рекурентним фільтром другого порядку

$$s[n] = x[n] + 2 \cos\left(\frac{2\pi \cdot f}{f_{\text{смп}}}\right) s[n-1] - s[n-2], \quad (7)$$

де  $s[-1] = s[-2] = 0$  - початковий стан;  $x[n]$  - значення  $n$ -го відліку;  $n$  - номер відліку;  $f$  - частота, на якій обчислюється СЦП;  $f_{\text{смп}}$  - частота дискретизації.

На другому етапі за значенням змінних стану фільтра обчислюється оцінка СЦП.

Розглянемо процес обчислення СЦП двома фільтрами Гертцеля  $F_1$  й  $F_2$  у двох сусідніх вікнах при кроку зсуву вікна аналізу  $N$  та розмірі вікна аналізу  $2N$  відліків, що зображено на рис. 1. В момент часу  $2N$  перший фільтр обробить  $2N$ , а другий –  $N$  відліків. Оскільки стан фільтру залежить тільки від його стану в попередній момент часу і від значення поточного відліку, то стан обох фільтрів у момент часу  $2N$  можна представити як результат фільтрації тих самих  $N$  відліків, але з різним початковим станом фільтрів.

Рис. 1. Взаємне розташування вікон, що перекриваються.

У роботі було знайдено співвідношення, що зв'язує різницю станів двох фільтрів після обробки  $k$  відліків з різницею між їхніми початковими станами (фільтр 1:  $s_1[-1] \neq s_1 + 2 \neq 0$ ; фільтр 2:  $s_2[-1] = s_2 + 2 = 0$ )

$$s_1[k] - s_2[k] = s_1 + 1 \cdot cf + 2 - s_1 + 2 \cdot cf + 1, \quad (8)$$

де  $cf = \frac{\sin \frac{\pi \cdot zf}{f_{smp}}}{\sin \frac{\pi f}{f_{smp}}}$  – константи, які обчислюються заздалегідь.

На основі даного співвідношення в роботі було запропоновано модифікацію метода Гертцеля для ефективного обчислення СЦП у випадку перекриття вікон аналізу. Модифікація передбачає розбивку сигналу на підвікна, довжина яких дорівнює кроку зсуву вікна аналізу; обробку кожного підвікна фільтром Гертцеля та збереження стану фільтра наприкінці обробки; обчислення оцінок СЦП за вікном аналізу заданої довжини шляхом об'єднання за допомогою (8) збережених значень стану фільтра Гертцеля для всіх підвікон, що входять до складу вікна аналізу.

На підставі прийнятого підходу до розпізнавання із застосуванням наведеного вище було створено метод розпізнавання сигналу ННТР, який складається із трьох етапів:

1. Обчислення оцінок параметрів сигналу ННТР за вікном аналізу. Тут оцінюється ступінь впливу завади та обчислюються оцінки частот і потужностей СК, відхилення частот СК від номіналу.

2. Декодування сигналу ННТР у вікні аналізу. На цьому етапі перевіряється відповідність параметрів сигналу вимогам стандарту.

3. Декодування сигналу ННТР по сукупності вікон аналізу. Тут за допомогою двох взаємозалежних кінцевих автоматів перевіряється виконання вимог стандарту до тривалості сигналу ННТР і до припустимої тривалості розриву сигналу.

**Третій розділ** присвячено розробці методу розпізнавання сигналу ДНІР.

При наборі номера у імпульсному режимі (ННІР) кожна цифра кодується кількістю короткочасних розривів лінії. При розриві лінії напруга збільшується до 48-60 В, а при з'єднанні знову падає до 5-15 В. При проходженні

телефонного тракту (ТТ) сигнал ННІР диференціюється і фронти вихідного прямокутного сигналу перетворюються на диференціали фронтів (ДФ).

У роботі проведено аналіз 100 зразків ДНІР з різних телефонних номерів різних АТС м. Харкова. Було виявлено, що в умовах вітчизняної ТфЗК спостерігаються наступні типи особливих випадків проходження сигналом ДНІР ТТ: 1) на сигнал ДНІР накладається тональний сигнал частотою 425 Гц; 2) з'являється додатковий ДФ; 3) ДФ між першим і останнім імпульсами зникають; 4) між першим і останнім імпульсами цифри передається сигнал «відповідь АОН». Було показано, що розпізнавання сигналу ДНІР можливо тільки для перших двох типів особливих випадків. Також у процесі аналізу було знайдено граничні й середні оцінки часових параметрів сигналу ДНІР. У всіх розглянутих випадках тривалість ДФ виявилася меншою за тривалість інтервалів між ними, що говорить про те, що ДФ не накладаються один на одного.

Завдячуючи тому, що для розпізнавання сигналу ННІР достатньо знати позиції фронтів, і оскільки ДФ не накладаються один на одного, розпізнавання ДНІР можна здійснити за допомогою наступного підходу: на першому етапі виконується виявлення ДФ, а на другому - за характеристиками і позиціями ДФ приймається рішення про наявність сигналу ДНІР і виконується його декодування.

Аналіз підходів до виявлення ДФ показав, що через значні зміни характеристик ТТ від з'єднання до з'єднання виділити характерні ознаки ДФ, які б надійно відрізняли їх від інших короткочасних ширококутових сигналів, не представляється можливим. Використовувати набір шаблонів для виявлення ДФ не представляється можливим через складність складання такого набору і значні витрати обчислювальних ресурсів на розпізнавання. Таким чином, за умов малих витрат обчислювальних ресурсів ДФ може бути виявлений тільки як короткочасний ширококутовий сигнал. Причому через менше маскування полігармонійною завадою виявлення ДФ доцільніше вести в частотній області.

За відсутності полігармонійної завади ДФ може бути виявлено у часовій області за сплесками енергії сигналу. Метод виявлення засновано на тому, що якщо шум стаціонарний, то енергія сигналу у вікні аналізу, яке містить ДФ, буде істотно більше енергії в сусідніх вікнах, які не перекриваються з цим вікном. Прийнятий сигнал розбивається на вікна аналізу, довжина яких збігається з довжиною ДФ і становить 10.1 мс, а крок зсуву становить 1/3 довжини. Далі виконується пошук вікна аналізу, яке є найбільш заповненим сигналом ДФ, як локального максимуму енергії  $P_c > P_{c-1} \cup P_c > P_{c+1}$  та виконується перевірка потужності сплеску виходячи з наступної умови

$$P_c > \alpha_{en} \cdot P_{c-3} \cup P_c > \alpha_{en} \cdot P_{c+3} \cup P_c > V, \quad (9)$$

де  $\alpha_{en}$  - рівень спрацювання детектора,  $\alpha_{en} > 1$ ;  $V$  - мінімально допустимий рівень енергії ДФ.

У разі присутності полігармонійної завади метод виявлення ДФ ґрунтується на використанні ширококутовості ДФ і відмінності довжин ДФ і

інтервалу стаціонарності завади. Тривалість інтервалу стаціонарності основних типів полігармонійних завод (тональні сигнали ТфЗК, мовний сигнал) більш ніж у два рази перевищує тривалість ДФ. Відповідно будь-яка гармоніка прийнятого сигналу, тривалість якої більше або дорівнює тривалості інтервалу стаціонарності завади, має розглядатися як гармоніка завади.

Присутність гармоніки в сигналі протягом певного часу означає, що протягом усього цього часу значення відповідних спектральних коефіцієнтів будуть більше деякого значення. Якщо прийняти припущення про те, що шум впливає найгіршим чином, оцінка потужності завади, яка припадає на  $i$ -й спектральний коефіцієнт буде визначатися мінімумом цього коефіцієнта по всіх вікнах аналізу протягом ділянки стаціонарності завади

$$n_{i,m} = \min_{j=0..K-1} S_{i,m+j}, \quad (10)$$

де  $m$  - порядковий номер першого вікна ділянки стаціонарності;  $K$  - довжина ділянки стаціонарності у вікнах аналізу (інтервал аналізу).

Момент початку й тривалість інтервалу стаціонарності завади апріорно невідомі, але відомо, що найбільше значення вираз (10) приймає, коли інтервал аналізу включає вікна, що належать одній ділянці стаціонарності завади. Враховуючи те, що кожне вікно попадає в кілька інтервалів аналізу, оцінка потужності гармоніки завади для  $i$ -го спектрального коефіцієнта вікна під номером  $m$  буде дорівнювати

$$n_{i,m} = \max_{l=-K+1..0} \min_{j=0..K-1} S_{i,m+l+j}, \quad (11)$$

а оцінка потужності сигналу, який очищено від полігармонійної завади

$$S'_m = \sum_i \mathfrak{S}_{i,m} - n_{i,m}. \quad (12)$$

Довжина інтервалу аналізу  $K$  вибирається так, щоб бути менше тривалості інтервалу стаціонарності завади, та щоб крайні вікна аналізу не включали сигнал, що знаходиться в центральному вікні, тому що це може знизити оцінку рівня сплеску потужності сигналу. Цим вимогам відповідає вибір  $K$ , що дорівнює 7 вікнам аналізу.

Позиції ДФ визначаються як позиції локальних максимумів енергії очищеного сигналу  $S'_m$ , що задовільняють умові

$$\mathfrak{S}'_m > \beta F_{m-1} \cup \mathfrak{S}'_m > V, \quad (13)$$

де  $\beta$  - максимально допустимий рівень спаду потужності наступних ДФ у серії імпульсів, що належать одній цифрі;  $F_{m-1}$  - вихідне значення фільтра  $F$  для попереднього вікна ( $m-1$ );  $V$  - мінімально допустимий рівень енергії ДФ.

Фільтр  $F$  застосовується для визначення огинаючої енергії очищеного сигналу, яка використовується для відкидання сплесків енергії, що були викликані крайовими ефектами при обробці інтервалів аналізу, які частково утримують ДФ. Фільтр визначається наступним виразом

$$F_m = \begin{cases} S'_m, & S'_m > F_{m-1}; \\ \alpha F_{m-1}, & S'_m \leq F_{m-1}, \end{cases} \quad (14)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт швидкості спаду вихідного значення фільтра.

Розпізнавання сигналу ДНІР передбачає виділення серій імпульсів розмикання лінії й підрахунок кількості імпульсів у кожній серії. У розділі проаналізовано проблеми, які виникають при помилковому виявленні або пропуску ДФ, та шляхи їхнього усунення. Також розглянуто особливості підрахунку кількості імпульсів в особливих випадках проходження сигналом ННІР телефонного тракту. На підставі цього запропоновано двохетапний метод підрахунків кількості імпульсів: на першому етапі виконується накопичення в буфері інформації про позиції та потужність ДФ, що можуть належати серії імпульсів цифри, а на другому етапі - аналіз буфера виявлених ДФ і декодування цифри.

У режимі накопичення при виявленні чергового ДФ декодер запам'ятовує його позицію й потужність у буфері. По завершенню тайм-ауту, який прийнято рівним 0,6 мінімально допустимого інтервалу між цифрами ННІР, або по заповненню буфера виконується аналіз буфера й розпізнавання цифри.

На першому етапі аналізу буфера виконується пошук точки відліку, починаючи з якої буде підраховуватися кількість інтервалів розмикання лінії. Як точка відліку береться послідовність ДФ, яка однозначно розглядається як послідовність імпульсів ННІР. Для пошуку точки відліку використовуються три шаблони, які застосовуються послідовно: 1) «розмикання лінії – замикання лінії – розмикання лінії»; 2) «період імпульсу – період імпульсу»; 3) «3 ДФ – 2 ДФ». Для перших двох шаблонів перевіряється допустимість співвідношення потужностей ДФ.

Після знаходження точки відліку виконується декодування цифри. Для цього в обидва боки від точки відліку виконується підсумовування довжин інтервалів. Якщо тривалість інтервалу відповідає тривалості імпульсу - сума не модифікується, а вміст лічильника імпульсів збільшується. Як тільки сума ставатиме рівною довжині імпульсу, що допускається стандартом, - збільшується вміст лічильника імпульсів, а сума прирівнюється нулю. Коли протягом трьох інтервалів сума не досягла довжини періоду імпульсу, що вимагається стандартом, обробка буфера в цьому напрямку завершується. Також обробка буфера завершується, якщо сума стала більше припустимої довжини періоду. Якщо останній інтервал задовольняє вимогам стандарту по тривалості розмикання - він також враховується в кількість імпульсів.

Даний метод розпізнавання ДНІР може застосовуватися разом з будь-яким методом виявлення ДФ.

**Четвертий розділ** присвячено створенню інформаційних технологій забезпечення достовірності діалогу користувача з системою комп'ютерної телефонії на основі розроблених методів та їх застосуванню при розробці систем КТ.

Аналіз стека програмного забезпечення (ПЗ) СКТ і стандартних API прикладних застосувань КТ показав, що реалізація методів розпізнавання на специфічних обчислювальних ресурсах апаратури КТ хоча й забезпечує більшу швидкість обробки даних, але є залежною від платформи КТ, що використовується, і значно складнішою в розробці. Забезпечити більшу ступінь сумісності можна при реалізації методів розпізнавання на рівні прикладного застосування КТ. В цьому випадку читання сигналу з телефонних ліній здійснюється засобами прикладного API КТ для роботи з даними медіа-потоків, а для інтеграції модулів розпізнавання із платформою КТ використовуються класи-адаптери. Для платформи застосувань КТ Windows Telephony Application Programming Interface (ТАPI) розглянуто питання побудови відповідних класів-адаптерів та їх використання при створенні ТАPI-застосувань.

Ряд платформ КТ, які створені на базі вбудованих систем, забезпечують тільки передачу даних з телефонних ліній у комп'ютер та навпаки. Враховуючи обмеженість пам'яті та потужності процесора у вбудованих системах, на них недоцільно реалізовувати досить громіздкі стандартні API застосувань КТ. Для зменшення витрат обчислювальних ресурсів вбудованих систем у роботі було запропоновано потокову архітектуру ПЗ СКТ, яка поєднує принципи дерев фільтрів для обробки медіа-даних і об'єктно-орієнтованого програмування для обробки подій.

Потокова архітектура базується на об'єктах трьох класів: плата, канал та фільтр. Фільтр обробляє дані, що надходять на його вхід, і передає результат обробки дочірнім фільтрам. Якщо при обробці даних виникла подія, то про це сповіщаються всі об'єкти, які зареєструвалися як одержувачі даних подій. Одержувачем подій може бути будь-який об'єкт застосування КТ, але найчастіше їм є об'єкт каналу. Канал є контейнером, що забезпечує зв'язану обробку вхідного й вихідного потоку даних. При цьому в оброблювачах подій каналу реалізується логіка роботи застосування КТ. В процесі роботи канал управляє видом підлеглого йому дерева фільтрів. Канали підключаються до об'єктів плат. Об'єкт плати є контейнером каналів і адаптером для роботи з апаратурою КТ. Він забезпечує передачу даних між комп'ютером і апаратурою КТ. Також об'єкт каналу бере участь у створенні фільтрів, замінюючи стандартні фільтри специфічними для даної апаратури КТ.

Розглянуто використання SIMD-розширення набору інструкцій процесору SSE для підвищення швидкодії реалізації запропонованих методів. У реалізації методу розпізнавання сигналу ННТР команди SSE використовуються при обчисленні оцінок СЦП, а в реалізації методу розпізнавання сигналу ДНІР - для прискорення обчислення спектральних коефіцієнтів.

**П'ятий розділ** присвячено аналізу ефективності методів розпізнавання сигналів ННТР і ДНІР.

Традиційно якість роботи декодера ННТР оцінюється за допомогою тестових касет, що містять зразки допустимих і недопустимих стандартом сигналів і завад. Оскільки тестові касети не дозволяють оцінити поведінку декодера при спільному відхиленні параметрів СК від номіналу та містять

зразки завад, які є характерними для закордонної ТфЗК, у роботі було запропоновано і реалізовано в програмному забезпеченні наступну методику оцінки якості роботи декодера ННТР.

Для перевірки якості роботи декодера будується карта вірного розпізнавання сигналу ННТР, зображення якої наведено на рис. 2. По осях карти розташовуються відхилення частоти СК від номіналу та відношення даної СК до потужності другої СК, яка приймається за еталонну (твіст). Крапкою на карті позначається, чи розпізнав декодер сигнал з даними параметрами. Також для зручності аналізу на карті позначаються границі областей, усередині яких декодер повинен розпізнати сигнал (внутрішній прямокутник), і поза якими повинен відкинути сигнал (зовнішній прямокутник). Зона між ними є технічним зазором і усередині її поводження декодера не регламентується.

На підставі карт вірного розпізнавання обчислюються наступні показники якості декодера: 1) кількість вірно й хибно розпізнаних цифр в області гарантованого розпізнавання; 2) кількість вірно й хибно розпізнаних цифр в області, що включає зону технологічного зазору; 3) кількість вірно й хибно розпізнаних цифр поза допустимою стандартом областю. Показники 1 і 3 показують відповідність декодера вимогам стандарту, а показник 2 - ефективність роботи декодера при відхиленні параметрів СК від номіналу. Дані показники використовуються для оцінки роботи декодера в умовах фонові завади, яка може бути представлена білим шумом.

Для перевірки стійкості декодера до помилкових спрацьовувань використовується тестовий запис тривалістю 2 години, що був зібраний із фрагментів мовного сигналу і музичного фону. Показником якості тут є кількість помилкових спрацьовувань декодера.

Порівняльний аналіз було проведено для трьох реалізацій декодера ННТР: найпоширенішої (а); найбільш наближеної до вимог стандарту (б); запропонованої автором (в). Аналіз карт вірного розпізнавання показує, що форма області розпізнавання для запропонованого методу найбільш наближена до передбаченої стандартом прямокутної форми. Приклад карти розпізнавання для цифри «2» наведено на рис. 2. Відсутність характерного «відколу» у правій частині області розпізнавання показує ефективність корекції оцінки СЩП другої гармоніки.

Рис. 2. Карти вірного розпізнавання для цифри «2».

Результати перевірки стійкості декодера до фонові завади (білого шуму) ілюструє рис. 3. Зображений на ньому графік показує, що запропонований метод демонструє найбільшу кількість вірно розпізнаних цифр при малому рівні шуму.

Рис. 3. Залежність кількості вірних розпізнань сигналу від рівня шуму.

Як видно за результатами перевірки стійкості до помилкових спрацьовувань, що наведені у табл. 1, запропонований метод є порівняним з методом (б) і істотно перевершує метод (а).

Таблиця 1.

**Кількість помилкових спрацьовувань на 2х годинах тестового сигналу.**

Тип сигналу	Метод розпізнавання		
	А	Б	Запропонований
Музика	1595	159	77
Мова	383	17	18

Для методу розпізнавання сигналу ДНІР було досліджено кількість помилкових спрацьовувань на мовному й музичному сигналах і кількість вірно розпізнаних цифр сигналу ДНІР у випадках стандартного проходженні телефонного тракту і при зашумленні його полігармонійною завадою.

Таблиця 2.

**Результати тестування декодера ДНІР.**

Метод розпізнавання в області	Помилкових спрацьовувань на сигналі		Вірних спрацьовувань на сигналі	
	Музика	Мова	ДНІР	ДНІР+ завада
Часовий	892	1151	782 (92 %)	61 (41 %)
Частотний	52	62	802 (96%)	126 (84 %)
Усього цифр	-	-	850	150

Наведені в табл. 2 результати дозволяють зробити висновок про те, що запропонований метод розпізнавання сигналів ДНІР, який працює в частотній області, є більш стійким до помилкових розпізнавань у випадку зашумлення сигналу ДНІР полігармонічною завадою.

**ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі було отримано науково обґрунтоване рішення науково-практичної задачі забезпечення достовірності діалогу користувача з системою комп'ютерної телефонії, засноване на використанні сучасних методів цифрової обробки сигналів і теорії спектрального оцінювання.

При цьому отримано наступні основні наукові й практичні результати:

1. Аналіз існуючих методів забезпечення інтерактивної взаємодії користувача та інформаційної системи за допомогою телефонної мережі показав, що найбільш придатною для використання є технологія комп'ютерної телефонії. У рамках останньої найбільш складним є розпізнавання інформації, що отримана від користувача. Існуючі технології розпізнавання сигналів донaborу номера, які застосовуються для досягнення цієї мети, не забезпечують потрібної якості розпізнавання в умовах вітчизняної ТфЗК і мають потребу в удосконаленні.

2. Аналіз властивостей класичного методу розпізнавання сигналу ННТР у присутності полігармонічних завод та при відхиленні параметрів сигналів від номіналу показав, що головною причиною помилок у розпізнаванні є спільна



перевірка виконання обмежень стандарту по відхиленню частот СК від номіналу і співвідношенню потужностей СК.

3. Розроблено швидко процедуру оцінювання відхилення частоти СК від номіналу за двома оцінками СЦП, які обчислені при різній довжині вікна аналізу, у випадку завади, що можна представити білим шумом. Її застосування дозволяє за прийнятних витрат обчислювальних ресурсів знайти оцінки відхилення частот СК від номіналу та потужності СК.

4. З метою зменшення витрат обчислювальних ресурсів запропоновано модифікацію методу Гертцеля обчислення оцінок СЦП, яка дозволяє однократно обробляти області перекриття вікон аналізу.

5. Розроблено метод розпізнавання сигналу ННТР, який адаптується до рівня впливу завади. Якщо вплив завади малий, виконується роздільне оцінювання відхилення частот СК від номіналу і потужності СК, що забезпечує підвищення ймовірності вірного розпізнавання сигналу у випадку значного відхилення частот СК від номіналу. Інакше підсилюється обмеження рівня допустимого відхилення частот СК від номіналу, що забезпечує зменшення ймовірності помилкових спрацьовувань в присутності полігармонічної завади.

6. Розроблено метод розпізнавання сигналу ДНІР на основі аналізу позицій та потужностей ДФ. Виявлення ДФ виконується або у часовій області на основі виявлення сплесків енергії сигналу, або у частотній – з використанням відмінностей довжини ДФ та інтервалу стаціонарності завади. Виявлення ДФ у частотній області дозволяє розпізнавати сигнал ДНІР у присутності полігармонічної завади.

7. Запропоновано об'єктно-орієнтовану потокову архітектуру ПЗ СКТ, яка дозволяє знизити витрати обчислювальних ресурсів вбудованих систем для реалізації застосувань комп'ютерної телефонії.

8. Вдосконалено метод оцінки якості декодера сигналів ННТР на основі запропонованих карт вірного розпізнавання, що дозволяє оцінити вплив спільного відхилення частоти СК та відношення потужностей СК від номінальних значень.

9. Показано, що область розпізнавання сигналів ННТР, яка забезпечується запропонованим методом, найбільш повно відповідає вимогам стандарту в порівнянні з аналогічними методами. Також показано, що запропонований метод забезпечує стійкість до фонові й мовної завад на рівні кращих аналогічних методів.

10. Показано, що запропоновані методи розпізнавання сигналів ДНІР демонструють приблизно рівні показники якості при відсутності завади. В присутності полігармонічної завади метод розпізнавання ДНІР в частотній області забезпечує приблизно в два рази більшу ймовірність вірного розпізнавання.

11. Результати роботи впроваджені в системі оповіщення співробітників у ВАТ «Кримгаз», в системі інтерактивного моніторингу рівня теплопостачання житлових будинків міста Харкова у ВАТ Харківська ТЕЦ-5 та у навчальному процесі кафедри системного аналізу і управління НТУ «ХПІ».

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ПРАЦЬ

1. Колбасин В.А. Применение аппарата нечеткой логики для распознавания двухтональных сигналов / В.А. Колбасин // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – Харків, 2000. – № 121. – С. 70-75.
2. Колбасин В.А. Распознавание сигналов донатора кода в импульсном режиме / В.А. Колбасин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк, 2002. – № 48. – С. 298-303.
3. Колбасин В.А. К вопросу распознавания сигналов донатора кода в импульсном режиме / В.А. Колбасин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2002. – Т. 6, № 9. – С. 97-100.
4. Колбасин В.А. Поточковая архитектура систем компьютерной телефонии / В.А. Колбасин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2002. – Т. 1, № 8. – С. 21-25.
5. Колбасин В.А. Модифицированный алгоритм вычисления спектральной плотности мощности для задачи распознавания двухтональных сигналов / В.А. Колбасин, А.С. Куценко // Вісник Технологічного університету Поділля. – Хмельницький, 2003. – № 4, Ч. 2. – С. 217-220.  
*Здобувачем отримана залежність між значенням змінних стану фільтру Герцеля після обробки вікна аналізу та початковим значенням стану фільтру.*
6. Колбасин В.А. Распознавание сигналов набора номера в тональном режиме в присутствии полигармонической помехи / В.А. Колбасин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2004. – № 45. – С. 173-178.
7. Колбасин В.А. Оценка отклонения от номинала частот двухтонального сигнала набора номера / В.А. Колбасин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2005. – № 59. – С. 75-78.
8. Колбасин В.А. Распознавание сигналов донатора номера в импульсном режиме в присутствии полигармонической помехи / В.А. Колбасин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2006. – № 19. – С. 140-144.
9. Колбасин В.А. Усовершенствованный метод распознавания сигналов набора номера в тональном режиме / В.А. Колбасин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2007. – № 18. – С. 133-141.
10. Колбасин В.А. Распознавание сигналов импульсного донатора номера / В.А. Колбасин // Автоматика-2002 : междунар. конф. по автоматическому управлению, 16-20 сент. 2002 г.: тезисы докл. – Донецьк, 2002. – Т.1 – С. 209.
11. Колбасин В.А. Распознавание двухтональных сигналов набора номера в условиях нестабильности частот сигнальных компонент / В.А. Колбасин // Автоматика-2004 : междунар. конф. по автоматическому управлению, 27-30 сент. 2004 г.: тезисы докл. – Киев, 2004. – Т.4 – С. 57.

12. Колбасин В.А. Распознавание двухтональных сигналов набора номера при значительном отклонении частот сигнальных компонент от номинала / В.А. Колбасин // Автоматика-2005 : междунар. конф. по автоматическому управлению, 30 мая - 3 июня 2005 г.: тезисы докл. – Харьков, 2005. – С. 145.

13. Колбасин В.А. Усовершенствованный метод распознавания двухтональных сигналов набора номера / В.А. Колбасин // Автоматика-2006 : междунар. конф. по автоматическому управлению, 25 – 28 сент. 2006 г.: тезисы докл. – Винница, 2006. – С. 440.

14. Колбасин В.А. Усовершенствованный метод распознавания двухтональных сигналов при наличии полигармонической помехи / В.А. Колбасин, А.С. Куценко // Системний аналіз та інформаційні технології-2007: междунар. науч.-техн. конф., 15-19 мая 2007: тезисы докл. – Киев, 2007. – С. 185.

*Здобувачем запропоновано метод розпізнавання двотональних сигналів в присутності полігармонічної завади.*

## АНОТАЦІЇ

**Колбасін В.О.** *Методи та інформаційні технології забезпечення достовірності діалогу з користувачем у системах комп'ютерної телефонії. – Рукопис.*

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2009.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі забезпечення достовірності діалогу з користувачем системи комп'ютерної телефонії.

У дисертаційній роботі показано, що головною проблемою створення телефонного інтерфейсу користувача за допомогою систем комп'ютерної телефонії є розпізнавання даних, які були отримані від користувача, та що існуючі методи не забезпечують достатньої якості розпізнавання у вітчизняному сегменті телефонної мережі.

Розроблено метод розпізнавання сигналів набору номера у тональному режимі, що адаптується до рівня та типу завади: якщо вплив завади малий, уточнюються оцінки параметрів сигнальних компонентів (СК), щоб розпізнати сигнал зі значним відхиленням параметрів СК від номіналу; інакше оцінки параметрів СК уточнюються з більш строгими обмеженнями. Розроблено метод розпізнавання сигналів донaborу номера у імпульсному режимі, що є стійким до наявності полігармонічної завади. Для вбудованих систем комп'ютерної телефонії запропоновано потокову архітектуру програмного забезпечення, яка дозволяє зменшити витрати обчислювальних ресурсів. Показано, що запропоновані методи забезпечують більш високу якість розпізнавання ніж існуючі.

**Ключові слова:** комп'ютерна телефонія, інформаційна технологія, достовірність даних, інформаційно-телекомунікаційні системи, інтерфейс користувача.

*Колбасин В.А. Методы и информационные технологии обеспечения достоверности диалога с пользователем в системах компьютерной телефонии. – Рукопись.*

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2009.

Диссертационная работа посвящена решению важной научно-практической задачи обеспечения достоверности диалога с пользователем в системах компьютерной телефонии.

В работе проведен анализ способов построения телефонного интерфейса пользователя информационной системы. Показано, что наиболее эффективной является реализация телефонного интерфейса пользователя при помощи технологии компьютерной телефонии. При этом одной из проблем является распознавание информации, поступающей от пользователя. Наиболее надежным и простым в реализации считается использование донабора номера, однако в условиях отечественных телефонных сетей его применение сопряжено с рядом проблем, вызванных нестабильностью параметров аппаратуры сети и высоким уровнем помех.

Анализ причин возникновения ошибок при использовании классического метода распознавания сигналов набора номера в тональном режиме (ННТР) показал, что основной причиной ошибок распознавания является совместная проверка выполнения ограничений стандарта на отклонение частот сигнальных компонент (СК) от номинала и на соотношение их мощностей.

Предложен метод распознавания сигналов набора номера в тональном режиме с адаптацией к типу и уровню помехи: если влияние помехи мало, то находятся оценки отклонения частот СК от номинала и соответствующим образом корректируются оценки мощности; в противном случае оценки мощности СК уточняются с более строгими ограничениями. При реализации данного метода были решены задачи вычислительно эффективного оценивания отклонения частот СК сигнала ННТР от номинала, оценки степени влияния помехи и коррекции оценок спектральной плотности мощности (СПМ) на частотах вторых гармоник нижней группы. Разработана модификация метода Гертцеля вычисления оценок СПМ в одной точке частотной области, позволяющая однократно обрабатывать участки перекрытия окон анализа.

В процессе анализа прохождения сигналом набора номера в импульсном режиме (ННИР) телефонной сети было обнаружено, что в ряде случаев сигнал зашумляется полигармонической помехой. Также обнаружено отсутствие взаимного наложения дифференциалов фронтов (ДФ). Анализ вида ДФ показал, что они сильно изменяются от соединения к соединению и в рамках принятых ограничений на затраты вычислительных ресурсов невозможно отличить ДФ от

других кратковременных широкополосных сигналов. Разработаны методы обнаружения ДФ во временной и частотной областях как кратковременных широкополосных сигналов общего вида. Предложен метод декодирования сигналов донабора номера в импульсном режиме по позициям и мощности ДФ.

На основании разработанных методов были созданы информационные технологии обеспечения достоверности диалога пользователя с системой компьютерной телефонии. На основании анализа существующих стандартных интерфейсов создания приложений компьютерной телефонии, было предложено реализовать методы распознавания на уровне приложения. Для встроенных систем компьютерной телефонии была предложена потоковая архитектура программного обеспечения компьютерной телефонии, позволившая уменьшить затраты вычислительных ресурсов по сравнению со стандартными API приложений компьютерной телефонии. Рассмотрено ускорение вычислений с использованием SSE инструкций процессора.

Предложена модификация методики оценки качества распознавания сигнала ННТР, позволяющая учитывать совместное отклонение нескольких параметров сигнала от номинала. Было показано что предложенный метод распознавания сигнала ННТР наиболее полно отвечает требованиям стандарта и обеспечивает достаточную устойчивость к фоновой и речевой помехам. Показано, что предложенный метод распознавания сигналов донабора номера в импульсном режиме достаточно устойчиво работает при наличии полигармонической помехи.

**Ключевые слова:** компьютерная телефония, информационная технология, достоверность данных, информационно-телекоммуникационные системы, интерфейс пользователя.

*Kolbasin V.A. Methods and information technologies of providing the validity of the dialogue with a user in computer telephone integration systems. – Manuscript.*

Thesis for a Candidate's Degree on the specialty 05.13.06 – Information Technologies. National technical university 'Kharkov Polytechnic Institute', Kharkov. – 2009.

The dissertation deals with the research of data validity provision within the interaction between a user and a computer telephone integration system.

It has been shown that the main problem of developing a user telephone interface based on a computer telephone integration system consists in recognising the data obtained from the user and the existing methods are incapable to provide the sufficient quality of recognition.

A tone dialing signal recognition method which adapts to the level and type of interference has been developed within the frames of the research. If the interference influence level is low, the estimated parameters of signal components (SC) are refined to recognize a signal with substantial deviation of SC parameters from the nominal values. Otherwise the estimated parameters of SC are refined with more strong limitations. A pulse-mode dialing signal recognition method which is resistant to polyharmonic interference has been developed. Data flow software architecture for the embedded computer telephone integration systems which allows to reduce

computational resources usage has been proposed. It has been shown that the developed methods provide greater recognition quality than the existing ones.

**Keywords:** computer telephone integration, information technology, data validity, information-telecommunication systems, user interface.