

Корисна модель відноситься до галузі обчислювальної техніки, а саме при ущільненні мовних сигналів і може бути використана в засобах запису, відтворення та передачі мовних сигналів, ідентифікації диктора та при розпізнаванні мови.

Аналогом даного способу є «Спосіб та пристрій для кодування аудіо сигналів (варіанти)» (патент України №48191 М. кл. Н03М 3/00, опублікований 15.08.02), в якому запропоновано спосіб та пристрій кодування звуку, який полягає в тому, що здійснюється кодування аудіосигналу з малою швидкістю передачі бітів та невеликою затримкою, порівняно із затримкою, яка виникає під час кодування сигналу високої якості та передача першого кодованого сигналу на декодер до початку передачі на цей декодер принаймні одного кодованого сигналу, який окремо або разом з першим кодованим сигналом створює під час декодування сигнал вказаної високої якості.

Недоліком даного способу є великі матеріальні витрати, пов'язані з потребою використання частотних каналів з широкою смугою пропускання, що зумовлено високою бітовою швидкістю, необхідною для передачі кодованого мовного сигналу.

Спосіб, описаний у статті авторів [K. Palival, S. Atal "Efficient Vector Quantization of LPC Parameters at 24 Bits/Frame", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, Vol.1, No.2, 1993 - pp.3-14], розглядається кодування мовного сигналу на основі моделі лінійного прогнозування. Для опису сигналу використовуються лінійні спектральні частоти, які додатково квантуються за допомогою векторних кодових книг. Для порівняння векторів під час пошуку найближчого квантованого значення вектора у кодовій книзі запропоновано використовувати зважену евклідову міру, яка враховує різні ваги коефіцієнтів лінійних спектральних частот.

Недоліком даного способу є вузькі функціональні можливості за рахунок того, що пошук вектора в кодовій книзі, враховуючи використання зваженої евклідової міри, потребує значних обчислювальних затрат, що унеможливує практичне застосування даного способу в режимі реального часу.

За найближчий аналог обрано «Спосіб стиснення мовного сигналу шляхом кодування зі змінною швидкістю, схема та пристрій для стиснення акустичного сигналу» (патент України №43311, М. кл. G10L 21/04, G10L 19/00, опублікований 17.12.01), який включає операції визначення рівня сигналу мовної активності для кадру оцифрованих вибірок мовного сигналу, вибір для вказаного кадру швидкості кодування із групи швидкостей залежно від вказаного визначеного рівня сигналу мовної активності, кодування вказаного кадру відповідно до попередньо визначеного формату кодування для вибраної швидкості, причому кожній швидкості відповідає відмінний від інших формат кодування і різні формати кодування відповідають різним наборам параметрів сигналів, що визначають оцифровані вибірки мовного сигналу відповідно до мовної моделі, та формування для даного кадру відповідного пакету даних з указаними параметрами сигналів. За основу взято вокодер, побудований на основі моделі лінійного прогнозування. При кодуванні параметрів мовного сигналу використовуються скалярні кодові книги.

Недоліком наведеного способу є значні спотворення декодованого сигналу, зумовлені кодуванням параметрів за допомогою скалярних кодових книг. За умов передавання однакових обсягів даних, використання скалярних кодових книг призводить до більш значних спотворень сигналу, порівняно з векторними кодовими книгами. Проте значні обчислювальні витрати при використанні векторних кодових книг не дозволяють використовувати їх у режимі реального часу.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу ущільнення мовних сигналів, який не потребує значних обчислювальних витрат на пошук вектора у кодовій книзі. За рахунок цього досягається можливість використовувати векторні кодові книги у режимі реального часу і тим самим зменшити швидкість, необхідну для передавання мовного сигналу по каналам зв'язку. Це приводить до зменшення вимог до необхідної пропускну здатності каналу для передачі мовного сигналу, зменшення цін на послуги цифрового зв'язку, збільшення кількості абонентів систем цифрового зв'язку.

Поставлена задача досягається тим, що в способі ущільнення мовних сигналів виконують попереднє впорядкування векторів у кодовій книзі за рівнями згідно з відношенням мажоруювання їх відстаней до заданих точок відліку, кодують вибірки мовного сигналу у вектор лінійних спектральних пар на основі моделі лінійного прогнозування, перетворюють вектор лінійних спектральних пар у вектор відстаней до точок відліку та проводять пошук квантованого вектора у кодовій книзі, причому спочатку визначають рівень мажоризації, до якого належить перетворений вектор, а потім виконують пошук квантованого значення вектора, найближчого до вектора лінійних спектральних пар, на знайденому рівні та декількох сусідніх рівнях, та передають індекс знайденого вектора у канал зв'язку.

На кресленні представлена схема блоку квантизації, яка пояснює спосіб квантування вектора лінійних частот за допомогою кодової книги. В схему входять наступні вузли: 1 - векторна кодова книга; 2 - блок визначення рівня вектора; 3 - блок пошуку найближчого квантованого значення вектора на рівні.

Спосіб здійснюється наступним чином: на основі моделі лінійного прогнозування здійснюють обчислення параметрів голосового тракту - коефіцієнтів лінійного прогнозування та функції збудження - періоду основного тону та підсилення. Оцінка параметрів виконується кадрами та відбувається кожні 20мс.

Параметри моделі лінійного прогнозування оцінюються автокореляційним методом з використанням рекурсії Левінсона-Дарбіна.

Отримані коефіцієнти лінійного прогнозування (LPC) α_k є параметрами передатної функції $A_p(z)$, що описує голосовий тракт людини:

$$A_p(z) = 1 + \sum_{k=1}^p \alpha_k \cdot z^{-k} \quad (1)$$

Надалі отримані LPC параметри перетворюються в лінійні спектральні пари (LSP), які в свою чергу є коренями поліномів:

$$P(z) = P_{p+1}(z) = A_p(z) + z^{-(p+1)} A_p(z^{-1}); \quad (2)$$

$$Q(z) = Q_{p+1}(z) = A_p(z) - z^{-(p+1)} A_p(z^{-1}). \quad (3)$$

Корені поліномів $P(z)$ і $Q(z)$ x_j та y_j лежать на одиничному колі,

тому:

$$x_j = \cos \omega_{2j-1} \pm i \sin \omega_{2j-1}; \quad (4)$$

$$y_j = \cos \theta_{2j} \pm i \sin \theta_{2j}; \quad (5)$$

$$1 \leq j \leq p/2.$$

Набори $\{\omega_{2j-1}\}$ та $\{\theta_{2j}\}$ за визначенням є LSP. Перехід до лінійних спектральних пар дозволяє здійснити подальше кодування параметрів за допомогою кодових книг.

Векторна кодова книга містить набір векторів значень LSP. Для структуризації кодової книги за властивістю мажорювання, створюється додаткова кодова книга, яка містить відстані від векторів значень LSP до заданих n точок відліку $V_0 = (0,0,\dots,0)$, $V_1 = (N_1,0,\dots,0)$, ..., $V_{n-1} = (0,0,\dots,N_{n-1},0)$, де n - розмірність підвектора LSP-параметрів. Оскільки LSP-параметри лежать в межах $(0,4000)$, обрано значення $N_1 = N_2 = \dots = N_{n-1} = 4000$.

Перехід від вектора LSP-параметрів $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ до вектора відстаней $X' = (x'_1, x'_2, \dots, x'_n)$ задається формулами:

$$x'_1 = D(X, V_0), \dots, x'_n = D(X, V_{n-1}), \quad (6)$$

де D - евклідова відстань між векторами, що обчислюється за формулою:

$$D(X, Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (7)$$

Структуризація векторної кодової книги починається з обчислення відстаней від векторів LSP-параметрів до точок відліку за формулами (6). Вектори відстаней X' утворюють кодову книгу відстаней, розмірність якої збігається з розмірністю кодової книги LSP-параметрів. У подальшому для мажоризації використовуються вектори з кодової книги відстаней, але результатом буде синхронне впорядкування векторів в обох кодових книгах.

Рівні мажоризації формуються на основі кодової книги відстаней від векторів до точок відліку згідно з таким правилом. Рівень мажоризації L_i мажорюється рівнем мажоризації L_j , якщо для кожного вектора X , що належить L_i , на рівні L_j знайдеться вектор Y , що слабо мажорує X , або формально

$$L_i < L_j, \text{ якщо } \forall X, X \in L_i, \exists Y, Y \in L_j, \text{ такий що } X <_w Y. \quad (8)$$

Вектор Y слабо мажорує X (позначається $X <_w Y$), якщо виконується нерівність:

$$\sum_{i=1}^k x_i \leq \sum_{i=1}^k y_i, k = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

Мажоризація здійснюється за таким алгоритмом:

1. Вектори у кодовій книзі відстаней сортуються у спадному порядку за компонентою x'_1 . Якщо у деяких векторів перші компоненти збігаються, їх сортування відбувається за наступними компонентами.

2. Всі вектори у кодовій книзі помічаються як немажоровані.

3. Створюється цикл від 1 до M , де M - кількість векторів у кодовій книзі.

3.1. У циклі за формулою (9) послідовно перевіряються всі вектори X'_1, \dots, X'_M .

3.2. Якщо знаходиться немажорований вектор X'_i , він помічається як мажорований і додається на рівень мажоризації L_j . Кількість рівнів мажоризації збільшується на 1.

3.3. Створюється цикл від $i+1$ до M .

3.3.1. У циклі за формулою (9) послідовно перевіряються всі вектори X'_{i+1}, \dots, X'_M .

3.3.2. Якщо знаходиться вектор, який не мажорується жодним вектором рівня L_j , він помічається як мажорований і додається на рівень мажоризації L_j .

Кількість створених рівнів мажоризації K (число класів у кодових книгах) дорівнює кількості повторів n . Таким чином робота алгоритму завершується за $M \times K$ ітерацій. Результатом роботи алгоритму є векторна кодова книга, структурована за рівнями мажоризації.

Пошук найближчого вектора відбувається в два етапи. На першому етапі вхідний вектор LSP-параметрів X перетворюється за формулами (6) у вектор відстаней до точок відліку X' . Далі у кодовій книзі відстаней відбувається пошук рівня мажоризації, якому належить вхідний вектор. При цьому послідовно, починаючи з верхнього, перевіряються всі рівні мажоризації. Якщо на рівні мажоризації L_j знаходиться вектор Y' , такий що $X' <_w Y'$ відбувається перехід до наступного рівня. Пошук завершується, коли буде знайдено рівень L_k , на якому жоден вектор Y' не мажорує вхідний вектор X' , або коли досягається останній рівень мажоризації.

На другому етапі відбувається пошук найближчого до вхідного квантованого вектора на знайденому рівні мажоризації та кількох сусідніх рівнях Фіг. Пошук виконується у кодовій книзі LSP-параметрів за методом повного перебору, при цьому вибирається той вектор Y кодової книги, для якого $D(X, Y) = \min$.

Кількість векторів, що аналізуються на другому етапі, має бути фіксованою величиною, що залежить лише від необхідної точності пошуку і не залежить від кількості векторів на поточному рівні мажоризації та на сусідніх рівнях. Оскільки кількість векторів на рівнях мажоризації відрізняється, для кожного рівня обраховується номер рівня з якого починається пошук.

Прискорення пошуку відбувається за рахунок того, що найближчі до вхідного вектора квантовані вектори в кодовій книзі знаходяться на тому ж рівні мажоризації, що і вхідний вектор, або на сусідніх рівнях. Завдяки цьому значно скорочується число кандидатів на відбір і, відповідно, зменшується час пошуку. Крім того процедура знаходження рівня мажоризації потребує значно менше обчислювальних витрат, ніж процедура обчислення відстані до вектора.

В результаті кодування вектора лінійних спектральних пар отримуємо індекс найближчого до нього вектора у векторній кодовій книзі, який передається в канал зв'язку.

