Кодирование речевых сигналов в системах сотовой связи

УДК 004.934

Н.М. ЛЕГКИЙ, профессор кафедры радиоэлектронных систем и комплексов ФГБОУ ВО "МИРЭА — Российский технологический университет" доктор технических наук,
С.В. ЕКИМОВ, аспирант кафедры радиоэлектронных систем и комплексов

Кодирование речевых сигналов в системах сотовой связи
Encoding of speech signals in cellular communication systems

На сегодняшний день в связи с активным развитием технологий распознавания и синтеза языка, голосового управления техническими объектами, низкоскоростного кодирования языковой информации, голосового перевода с иностранных языков и других решение задачи семантического кодирования языковых сигналов имеет важное научно-техническое значение. Существующий метод семантического кодирования речевых сигналов на основе мел-частотных кепстральных коэффициентов не соблюдает условия адаптивности, что приводит к потере семантически значимой информации.

Основной целью данной работы является обоснование эффективности использования адаптивного эмпирического вейвлет-превращения в задачах кратномасштабного анализа и семантического кодирования речевых сигналов.

Today, with the rapid development of technologies for language recognition and synthesis, voice control of technical objects, low-bit rate coding of language information, voice translation from foreign languages, and so on, the problem of semantic coding of language signals is of great scientific and technical significance. The existing method of semantic coding of speech signals based on small-frequency cepstral coefficients does not meet the adaptive conditions, leading to the loss of semantically significant information.

The main goal of this paper is to substantiate the effectiveness of using the adaptive empirical wavelet transform in problems of multiresolution analysis and semantic coding of speech signals.

Ключевые слова: семантическое кодирование, мел-частотные кепстральные коэффициенты, вейвлет-преобразование, сотовая связь.

Keywords: *semantic coding, low-frequency cepstral coefficients, wavelet transform, cellular communication.*

Введение

Под семантикой языка понимаются типизированные формантные рисунки спектра речевого сигнала, соответствующие определенной фонеме языка. Так как семантическая составляющая речевого сигнала находится именно в частотной области, то исследуемые спектральные преобразования являются важным аспектом в доказательстве эффективности семантического кодирования языка и количественной оценки семантической информации, находящейся в речевых сигналах.

Несмотря на широкое распространение основанных на мел-частотных кепстральных коэффициентах методов семантического кодирования речевых сигналов, они обладают существенным ограничением, заключающимся в использовании фиксированного базиса разложения. Это приводит к недостаточной адаптации к текущей структуре анализируемого сигнала и, как следствие, к потере семантически значимой информации.

Таким образом, возникает научная проблема разработки методов спектрального анализа, обеспечивающих адаптивное представление речевого сигнала с сохранением его семантической структуры. В этой связи актуальным является применение адаптивных методов кратномасштабного анализа, позволяющих учитывать локальные особенности спектра сигнала.

Языковой сигнал по своей сути нестационарный и нелинейный процесс, и потому исследование такого рода задач на предмет семантических составляющих (мгновенных частот и амплитуд) является проблематичным. Существующие методы семантического кодирования языка на основе спектрального анализа, например преобразования Фурье, на всех итерациях разложения не позволяют доказать оптимальность кодирования, так как вводимая в процессе преобразования ошибка будет накапливаться в амплитудно-частотном формате, характерном данному спектральному преобразованию [1].

Тогда определить оптимальность семантического кодирования речевых сигналов и количественную меру семантической информации возможно только в том случае, если будет соблюдена адаптивность базисной функции к исследуемому сигналу на каждой итерации спектрального разложения в определенный базисный ряд с последующим определением мгновенной частоты и амплитуды формантного рисунка спектра речевого сигнала.

Статью целиком читайте в бумажной версии журнала

КОДИРОВАНИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ СОТОВОЙ СВЯЗИ

ENCODING OF SPEECH SIGNALS IN CELLULAR COMMUNICATION SYSTEMS

УДК 004.934

ЛЕГКИЙ Николай Михайлович (доктор технических наук), **ЕКИМОВ Станислав Владимирович** (аспирант)
(ФГБОУ ВО "МИРЭА — Российский технологический университет")

На сегодняшний день в связи с активным развитием технологий распознавания и синтеза языка, голосового управления техническими объектами, низкоскоростного кодирования языковой информации, голосового перевода с иностранных языков и других решение задачи семантического кодирования языковых сигналов имеет важное научно-техническое значение. Существующий метод семантического кодирования речевых сигналов на основе мел-частотных кепстральных коэффициентов не соблюдает условия адаптивности, что приводит к потере семантически значимой информации.

Основной целью данной работы является обоснование эффективности использования адаптивного эмпирического вейвлет-превращения в задачах кратномасштабного анализа и семантического кодирования речевых сигналов.

Today, with the rapid development of technologies for language recognition and synthesis, voice control of technical objects, low-bit rate coding of language information, voice translation from foreign languages, and so on, the problem of semantic coding of language signals is of great scientific and technical significance. The existing method of semantic coding of speech signals based on small-frequency cepstral coefficients does not meet the adaptive conditions, leading to the loss of semantically significant information.

The main goal of this paper is to substantiate the effectiveness of using the adaptive empirical wavelet transform in problems of multiresolution analysis and semantic coding of speech signals.

Ключевые слова: семантическое кодирование, мел-частотные кепстральные коэффициенты, вейвлет-преобразование, сотовая связь.

Keywords: *semantic coding, low-frequency cepstral coefficients, wavelet transform, cellular communication.*

Литература

1. 1. Евграфова Ю.А. Информационный обмен в одностороннем экранном дискурсе: особенности кодирования и декодирования// Вестник РУДН. Серия: Теория языка. Семиотика. Семантика. 2024.
2. Gilles J. Empirical Wavelet Transform// IEEE Transactions on Signal Processing. 2013.Vol. 61. № 16. Pp. 3999 — 4010.
3. Coifman R.-R., Wickerhauser M.-V. Entropy-based algorithms for best basis selection// IEEE Transactions on Information Theory. 1992. Vol. 38. № 2. Pp. 713 — 718.
4. Daubechies, Lu J., Wu H.-T. Synchrosqueezed wavelet transforms: An empirical mode decomposition-like tool// Journal of Applied and Computational Harmonic Analysis. 2011. Vol. 30. № 2. Pp. 243 — 261.
5. Flandrin P., Goncalves P. Empirical mode decompositions as datadriven wavelet-like expansions// International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing. 2004. Vol. 2. № 4. Pp. 477 — 496.
6. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения// Успехи физических наук. 1996. Т. 166. № 11. С. 1145 — 1170.
7. Mallat S.-G. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation// IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1989. Vol. 11. № 7. Pp. 674 — 693.
8. Flandrin P., Rilling G., Goncalves P. Empirical mode decomposition as a filter bank// IEEE Signal Processing Letters. 2004. Vol. 11. № 2. Pp. 112 — 114.
9. Иванов В.А. Вейвлет-анализ в задачах обработки речевых сигналов// Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2009. № 1. С. 147 — 152.
10. Хорев А.А., Баранов И.А. Исследование спектров звуков русской речи// Безопасность информационных технологий. 2025. Т. 32. № 4. С. 18 — 36.