**Прокопов Сергій Дмитрович. Аналіз та оптимізація характеристик завадостійкості турбо-кодів : Дис... канд. наук: 05.12.02 – 2003**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Прокопов С.Д. Аналіз та оптимізація характеристик завадостійкості турбо-кодів. – Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи і мережі. Одеська національна академія зв’язку ім. О.С. Попова, Одеса, 2002.  Дисертаційна робота присвячена розробленню методів теоретичної оцінки завадостійкості декодування турбо-кодів, а також їх оптимізації, зокрема параметрів компонентних рекурсивних систематичних згорткових кодів та перемежувачів у складі турбо-кодів.  Отримано нові вирази для аналітичного подання функції розподілу ваг усічених згоркових кодів з обнулінням та без обнуління пристрою кодування. Аналітично обгрунтована важливість обнуління компонентних кодерів у складі кодерів турбо-кодів.  Приведено таблиці нових коротких рекурсивних систематичних згорткових кодів зі швидкостями 1/2, 1/3 та 1/4, що мають оптимальний спектр інформаційних ваг. Знайдено нові рекурсивні систематичні згорткові коди зі швидкостями 1/2, 1/3 та 1/4, оптимальні у складі турбо-кодів. | |
| |  | | --- | | У дисертаційній роботі приведені теоретичне узагальнення і вирішення наукової задачі, що полягає в поліпшенні енергетичних характеристик цифрових систем передачі за рахунок використання турбо-кодів.  Отримано наступні наукові і практичні результати:  1. Розроблено метод аналізу завадостійкості декодування за максимумом правдоподібності турбо-кодів з рівномірним перемежувачем. Метод оснований на запропонованих автором виразах для аналітичного подання функції розподілу ваг компонентних згорткових кодів зі структурами ґратчастої діаграми з обнулінням і без обнуління.  Приведено алгоритми розрахунку дистанційного спектра турбо-коду з двома компонентними згортковими кодами при обнулінні обох компонентних кодерів, обнулінні тільки першого компонентного кодера і обох компонентних кодерах без обнуління. Вперше аналітично обґрунтовано, що процедура обнуління компонентних кодерів істотно поліпшує коригувальні здібності турбо-коду. Так, використання турбо-коду *R* = 1/3 з компонентними РСЗК (1, 15/17) без обнуління приводить до енергетичних втрат 1,2 дБ при *P*б = 10-7 у порівнянні з аналогічним турбо-кодом при обнулінні першого компонентного кодера. При збільшенні довжини кодового обмеження компонентних кодів до втрати зростають до величини 1,5 дБ.  Результати розрахунків на базі розробленого методу аналізу завадостійкості турбо-кодів добре погоджується з даними імітаційного моделювання.  2. Зроблено оптимізацію РСЗК за критерієм мінімуму перших членів спектра інформаційних ваг, у результаті якої знайдені нові оптимальні РСЗК зі швидкостями 1/2, 1/3 і 1/4, призначені для використання в каналах з декодуванням за максимумом правдоподібності. Визначено верхні границі характеристик завадостійкості декодування зазначених РСЗК у каналі з ФМ-2 і АБГШ.  Показано, що за завадостійкостю знайдені РСЗК істотно краще стандартних систематичних згорткових кодів без зворотного зв'язку. Так, наприклад, РСЗК (1, 133/171) забезпечує додатковий ЕВК порядку 1,1 дБ при *P*б = 10-5 у порівнянні з оптимальним систематичним згортковим кодом без зворотного зв'язку (1, 173).  3. Розроблено методику оптимізації згорткових кодів у складі турбо-кодів, яка основана на виборі компонентних згорткових кодів, що забезпечують мінімальну розрахункову ймовірність помилкового декодування турбо-коду з рівномірним перемежувачем. За допомогою даної методики вперше показано, що розмір інформаційного блоку турбо-кодів істотно впливає на вибір найкращих компонентних згорткових кодів.  4. Приведено таблиці РСЗК зі швидкостями 1/2, 1/3 і 1/4, оптимальних у складі турбо-кодів, що знайдені з використанням розробленої методики. Характеристики зазначених кодів у ряді випадків краще відомих. Визначено границі ймовірності помилкового декодування турбо-кодів з деякими табульованими РСЗК у каналі з ФМ-2 і АБГШ.  Установлено, що найбільший інтерес для практичного використання мають турбо-коди з довжиною кодового обмеження компонентних згорткових кодів . Це пояснюється тим, що після оптимізації таких турбо-кодів (компонентних кодів і перемежувача) можна досягти *P*б = 10-810-11 до появи явно вираженої області “порога помилок”.  5. Розроблено новий ефективний прискорений алгоритм визначення мінімальної кодової відстані і дистанційного спектра детермінованих турбо-кодів, що оснований на використанні породжуючих функцій компонентних згорткових кодів. Для алгоритму характерне тестування значно меншого числа вхідних послідовностей, чим для стандартного переборного. Як наслідок, розроблений алгоритм має значно меншу обчислювальну складність, особливо для великих довжин блоку. Алгоритм використаний для порівняльного аналізу характеристик турбо-кодів з різною структурою перемежувачів. Дано рекомендації з вибору методів побудови перемежувачів у складі турбо-кодів.  6. Виконано аналіз принципів і особливостей ітеративного декодування турбо-кодів, що базується на алгоритмах декодування компонентних кодів з “м'яким” входом – “м'яким” виходом. Установлено, що найкраще співвідношення характеристик завадостійкості до складності реалізації декодера має алгоритм *log-MAP* із запропонованою п'ятиступеневою апроксимацією коригувальної функції .  Дано рекомендації з вибору ширини вікна простежування шляхів в алгоритмі *SOVA*.  Обґрунтовано доцільність застосування критеріїв адаптивної зупинки ітеративного декодування турбо-кодів і дані рекомендації з їхнього використання.  7. Розроблено імітаційну модель системи зв'язку з турбо-кодами, що дозволяє визначити ймовірність помилкового декодування в області малих і середніх відношень сигнал-шум, зробити порівняння різних методів побудови і декодування турбо-кодів, а також провести оптимізацію окремих блоків кодека. | |