

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ТУРБОКОДУ

Лівенців С.П.

*Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail slivencev@gmail.com*

APPLICATION OF GENETIC ALGORITHM FOR SYNTHESIS OF OPTIMAL STRUCTURE OF TURBOCODE

The parameters of the target function and the algorithm for searching for the configuration of the turbocode with the help of a genetic algorithm are determined in the work, which will ensure the best efficiency of the communication system under given limitations and conditions.

Нині у сфері телекомунікацій широке застосування знаходять адаптивні системи радіозв'язку. У роботах [1, 2] обговорюється необхідність створення системи зв'язку спеціального призначення (СЗСП), заснованої на використанні розширення спектра та ефективних сигнально-кодових конструкцій, параметри яких змінювалися б залежно від зміни стану каналу зв'язку. Як коригувальні коди можуть бути розглянуті коди БЧХ, Ріда-Соломона, каскадні коди і турбокоди (ТК), а як модуляція – ФМ-М і КАМ-М. Для побудови адаптивної СЗСП виникає необхідність вибору параметрів сигнально-кодових конструкцій (СКК), залежно від зміни стану каналу зв'язку. За винятком ТК, показники завадостійкості СКК описуються аналітичними виразами. Значення ймовірності бітової помилки для ТК виходять, як правило, імітаційним моделюванням [3-6].

Для функціонування адаптивних СЗСП з ТК важливою задачею є вибір оптимальної структури ТК для каналу зв'язку, параметри якого змінюються в часі.

Задача оптимізації традиційно формулюється у вигляді [7]:

$$\begin{aligned} f(X) &\rightarrow \min \\ g_i(X) &\leq 0, i = 1, \dots, m \\ X &\in S \end{aligned} \quad (1)$$

Результат оптимізації має на меті знаходження такого вектору X , який дозволить отримати мінімальне значення функції $f(X)$, що має назву цільової. Область, в якій здійснюватиметься пошук значень вектору X буде обмежена насамперед областю визначення S , до якої належить X , а також множиною обмежень $g(X)$ значення знакового вектору.

Що стосується СЗСП з ТК завдання (1) матиме такі особливості. Цільова функція (ЦФ) $f(X)$ характеризує ефективність передачі (кількісна оцінка ефективності роботи СЗСП). Метою завдання є знаходження такого вектору конфігурації СЗСП $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ при якому кількість помилок під час передачі інформації була б мінімальною. Компонентами вектору X є параметри,

які описують структуру ТК, що застосовується. В рамках роботи розглядається двокомпонентний вектор $X = \{M, P\}$, компоненти якого відповідатимуть кількості комірок пам'яті, що використовуються при формуванні згорткового ТК (M) та кількість перевірочних біт, що генеруються ТК (P).

Множина обмежень $g(X)$ описує загальну структуру СЗСП, яка повинна залишитися незмінною в процесі пошуку екстремуму: кількість перевірочних біт (P) рекурсивного систематичного згорткового кодера (РССК), кількість елементів комірок пам'яті РССК (M), довжина блоку даних, що передається, використовуваний алгоритм декодування, тип перемешувача, кількість ітерацій декодування; стан каналу зв'язку тощо.

Область визначення S у загальному випадку є компонентно-різномірною: $S = S^1 \cup S^2 \cup S^3 \cup S^4$, тобто. різні компоненти вектора X можуть належати різним підмножинам, що не перетинаються. Множина S є кінцевою.

Для СЗСП з ТК інформація про функції $f(X)$, $g(X)$, та їх похідних відсутня. Це обумовлене тим, що у досліджуваній системі зв'язку функції $f(X)$, $g(X)$ задаються не у вигляді аналітичного виразу, а як алгоритм.

Розглянуті особливості не дають можливості вирішення завдання оптимізації (1) за допомогою класичних методів, як завдання багатофакторного пошуку екстремуму, тому що функція $f(X)$ не є гладкою по всій області визначення. Однак через те, що область визначення S є кінцевою множиною, завдання може бути вирішене простим перебором всіх можливих значень вектора X . Слід зазначити, що у разі використання достатньо складного РССК, метод перебору буде неприйнятним у зв'язку з тривалими обчислювальними процесами. Тому для вирішення задачі оптимізації бажано застосовувати методи, що забезпечують мінімальний час знаходження потрібного результату, ніж метод повного перебору. Як такий метод пропонується використовувати генетичний пошук екстремуму ЦФ.

Надалі під конфігурацією ТК мається на увазі поліном, що визначає роботу системи каналного кодування/декодування.

Основним питанням при формулюванні задачі оптимізації (1) є вибір ЦФ $f(X)$, яка дозволить кількісно оцінити ефективність роботи СЗСП з ТК, що має конфігурацією X . У цій роботі вибір ЦФ заснований на принципі ітеративного декодування ТК прийнятої бітової послідовності при паралельній конкатенації двох РСЗК [7, 8].

Генетичний алгоритм (ГА) пошуку оптимального значення може бути застосований у ряді випадків, коли традиційні алгоритми пошуку є неефективними або не можуть застосовуватися взагалі [3]. Розглядається ГА, що оперує як дані бітовими послідовностями. Так як поліном РССК визначається бітовою послідовністю, то перетворення полінома в бітовий рядок відбувається таким чином: на перше місце ставиться цифра 1, записуються бітові комбінації, що відповідають за формування перевірочних символів, потім – бітова комбінація, що формує зворотний зв'язок, і так в залежності від значення P . Наприклад, при $M = 3$ і $P = 2$ для полінома $[1, 1011/1101, 1001/1101]$ його бітове уявлення буде $str=101110011101$. Множина подібних рядків утворюють населення. Кожен рядок є одним із можливих розв'язків задачі.

Даний вектор $X = \{M, P\}$. Необхідно визначити str, що задовольняють конфігурації X з найкращим значенням цільової функції. Для кожного рядка популяції обчислюється ЦФ за правилом: $F_i = \frac{\sum_{t=1}^n F_t}{n}$ де n – кількість переданих блоків символів.

Традиційні ітеративні алгоритми займаються покращенням єдиного проміжного рішення, яке має наблизитися до точного. Ітеративний ГА на відміну від них працює на користь поліпшення всієї популяції в цілому, а не деякого конкретного значення вектору X . Перевагою ГА пошуку екстремуму у відсутності повного перебору можливих результатів, є його незалежність від складності реалізації СЗСП з ТК.

Параметри ГА при фіксованій кількості ітерацій впливатимуть тільки на швидкість збіжності, але не на швидкість роботи алгоритму. Час роботи ГА буде залежати від кількості ітерацій ГА та кількості рядків у популяції.

У роботі формулюванні та розв'язанні задачі оптимізації пошуку оптимальної конфігурації СЗСП з ТК на підставі генетичного алгоритму

Подальший розвиток роботи пов'язані з використанням структур, отриманих генетичним методом, в автономному адаптивному управлінні роботою СЗСП з ТК.

Література

1. Б. Горлінський, С. Лівенцев, С. Зайцев, В. Барановський. Обґрунтування напрямків модернізації систем радіозв'язку з рухомими об'єктами за рахунок застосування сучасних технологій // IX Міжнародна науково-практична конференція. Безпека інформації у інформаційно-телекомунікаційних системах. Тези доповідей. - 2000. С. 97-98.
2. С. Зайцев, С. Лівенцев, Д. Алексєєв. Застосування турбокодів у спеціальних телекомунікаційних системах // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. - Вип.11, 2005 р. - С. 162-167.
3. Зайцев С.В., Лівенцев С.П., Горлінський Б.В. Програма для аналізу характеристик завадостійкості турбокодів // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 15289. Державний департамент інтелектуальної власності України, Київ. - 16.01.2006.
4. Woodard J., Hanzo L. Comparative Study of Turbo Decoding Techniques: An Overview // IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 49, Nu. 6, 2000. – Листопад. Р. 2208 - 2232.
5. Wang C. На виконанні turbo codes // The aerospace corporation 2350 E. El Segundo Blvd. M1/136. - 1998. Р. 3-6.
6. Valenti M. Turbo codes and iterative processing // Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg. - USA. Р. 3-6.
7. Qi J. Turbo код в IS-2000 код дивізії multiple access communications under fading // Wichita State University. - 1999. Р. 38-59.
8. Woodard J., Hanzo L. Comparative Study of Turbo Decoding Techniques: An Overview // IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 49, Nu. 6, 2000. – Листопад. Р. 2208 - 2232.