

ВІДОБРАЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕПЕРЕРВНИХ КОДІВ В ПРОСТОРІ ВІДОБРАЖЕННЯ БЛОКОВИХ КОДІВ

Уривський Л.О., Пешкін А. М.

(ORCID: 0000-0002-4073-9681)

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: leonid_uic@ukr.net

Displaying the parameters of convolutional codes in the space of block codes

The aim is to display the parameter of convolutional continuous codes in the space of block codes. This allows evaluating the effectiveness use of convolutional codes in the communication channel with the specified parameters and synthesizing block code with equivalent or better options.

В роботах [1-5] викладено методику синтезу блокових завадостійких кодів при відомих значеннях довжини блоку коду, енергетики h^2 прийому сигналів та заданому виді модуляції.

Головною перевагою наведеної методики є наявність чітких границь завадостійкого кодування у парі з однозначної залежністю виправної здатності блокового коду від ймовірностей помилки на вході та виході декодера. Це дозволяє однозначно визначати межі існування завадостійкого блокового коду при заданих параметрах каналу та необхідній ймовірності помилки, а також найкращий код у визначених межах, який максимально наближується до границі Шеннона.

На відміну від блокових кодів, для неперервних кодів не існує аналогічних границь завадостійкого кодування. Для оцінки коригуючих можливостей неперервних кодів при використанні жорсткого декодування за алгоритмом Вітербі (алгоритмом максимальної правдоподібності) використовуються верхні границі, які знаходяться на основі порівняння ваги послідовності, що передається, та можливих декодованих комбінацій на прийомній стороні за умови виникнення помилок у каналі зв'язку. Верхня границя ймовірності помилки на виході декодера неперервних кодів визначається з міркувань, що ймовірність події виникнення одної, двох чи більше помилок не перевищує суми ймовірностей подій виникнення одної, двох чи більше помилок.

$$p \leq \sum_{k=d_f}^{\infty} W_k \cdot P_k \quad , \quad (1)$$

де W_k – коефіцієнти спектра коду, які дорівнюють кількості помилок на виході декодера, які виникли коли прийнята кодова комбінація відстояла від переданої на відстань $k = d_f$;

$$P_k = \begin{cases} \sum_{i=\frac{k+1}{2}}^k C_k^i \cdot P_0^i \cdot (1 - P_0)^{k-i} & \text{при непарному } k \\ \frac{1}{2} \cdot C_k^{\frac{k}{2}} \cdot P_0^{\frac{k}{2}} (1 - P_0)^{\frac{k}{2}} + \sum_{i=\frac{k}{2}+1}^k C_k^i \cdot P_0^i \cdot (1 - P_0)^{k-i} & \text{при парному } k \end{cases} \quad , \quad (2)$$

де P_0 – канальна ймовірність помилки;

$$C_k^i = \frac{k!}{i!(k-i)!} - \text{кількість комбінацій з } k \text{ по } i.$$

Задача відображення неперервних кодів у просторі блокових кодів зводиться до переносу параметрів завадостійкості, отриманих з співвідношень (1) та (2) у простір границь блокових кодів, що дозволить порівнювати ефективність використання блокових чи неперервних кодів у каналі з заданими параметрами.

Першим кроком є визначення значень h^2 для неперервних кодів при різній довжинах кодового обмеження для кодових швидкостей $1/2, 1/3, 2/3, 3/4$.

Другим кроком є побудова знайдених значень неперервних кодів у координатах (h^2, R) . Ці координати є спільними для неперервних та блокових кодів, а отже разом із неперервними кодами зобразимо у них границі блокових кодів та границю Шеннона для певного значення p .

Третім кроком є побудова проєкції неперервних кодів у область лінії завадостійкості блокових кодів.

Проєкція в область лінії завадостійкості побудована за допомогою границь Варшамова-Гільберта та Плоткіна. У результаті для кожного коду маємо 2 точки. Точка, яка відповідає границі Плоткіна дозволяє порівняти неперервний код з найкращим максимально досяжним блоковим кодом, в той час як точка, яка відповідає границі Варшамова-Гільберта дозволяє порівняти неперервний код з реально існуючим блоковим кодом.

Умовою рівності виправної здатності блокових та неперервних кодів є приналежність проєкцій неперервних кодів лінії завадостійкості блокового коду. Рівність кодових швидкостей впливає за умови побудови.

Для того, щоб лінія завадостійкості блокового коду перетинала проєкції неперервного коду, необхідно «погіршувати» параметри блокового коду, зменшуючи довжину блоку. При цьому лінія завадостійкості буде переміщуватись праворуч до перетину з проєкціями.

Результатом пошуку є значення довжини кодового блоку, при якій корегуюча здатність неперервного коду дорівнює корегуючій здатності блокового коду. Знаючи довжину кодового блоку $n_{\text{екв}}$ та відношення $d/2n$ можна знайти еквівалентне значення кодової відстані $d_{\text{екв}}$. Слід підкреслити, що при зменшенні довжини кодового блоку, границі Плоткіна та Варшамова-Гільберта також зміщуються тим більше, чим менше значення p . Разом із ними зміщуються відповідні проєкції неперервних кодів. Цей фактор необхідно враховувати при відображенні параметрів неперервних кодів у просторі блокових кодів.

До цього моменту поставлена задача вирішувалася на основі методики синтезу блокових кодів при фіксованих вимогах щодо достовірності передачі інформації каналом зв'язку (ймовірність помилки на виході декодера 10^{-6}). Побудуємо неперервний код у координатах границь завадостійкого кодування, змінюючи при цьому вимоги до виправної здатності з 10^{-6} , до 10^{-9} .

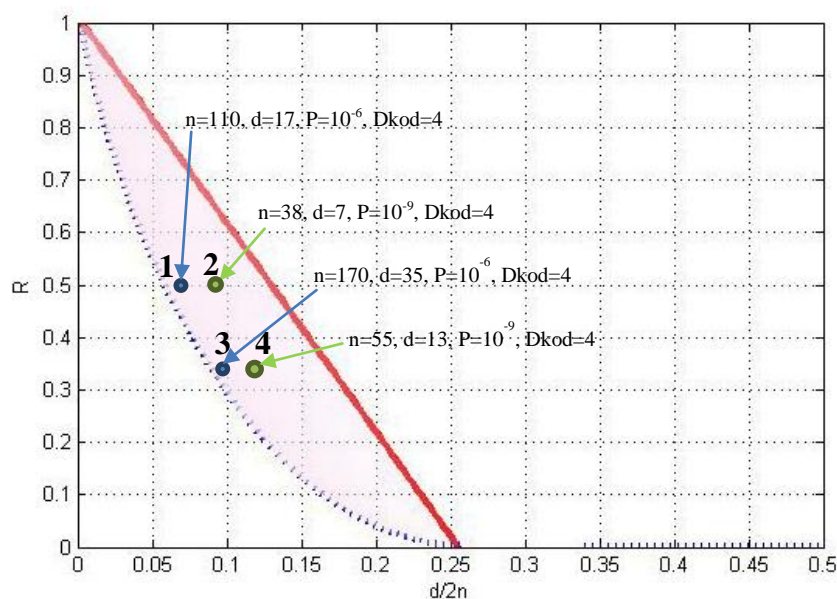


Рис.1. Відображення еквівалентних параметрів неперервних кодів згідно границі Варшамова-Гільберта у границях завадостійкого кодування блокових кодів

На рис.1 зображені два неперервних кода зі швидкостями кодування $1/2$ (точки 1, 2) та $1/3$ (точки 3, 4). З рисунка видно, що при збільшенні вимог до достовірності передачі положення кодів зміщується вправо. Це пов'язано з тим, що згідно рис. 4, також збільшується і h^2 , що призводить до зменшення ймовірності помилки в каналі.

Висновки. В доповіді описано методика відображення параметрів неперервних кодів у просторі відображення блокових кодів, завдяки чому стало можливим порівнювати блокові і неперервні коди та оцінювати ефективність використання тих чи інших кодів у системах зв'язку. За допомогою даною методики можливо оцінювати границі ефективності використання блокових та неперервних кодів у каналі зв'язку із завадами при заданих частотно-енергетичних характеристиках.

Література

1. Урывский Л.А. Выбор блочного помехоустойчивого кода по критерию максимального приближения к границе Шеннона/ Урывский Л.А. Прокопенко Е.А., Пешкин А.М. // Telecommunication sciences. – 2011, № 2, с.41-47.
2. Урывский Л.А. Исправляющая способность блочных помехоустойчивых кодов в пределах аксиоматики Шеннона./Урывский Л.А. Пешкин А.М.// Сборник тезисов II международной конференции молодых ученых «Инфокоммуникации – современность и будущее»./ Збірка тез, ч.1. — Одеса: ОНАЗ ім. О.С Попова, 2012 – с. 33-37.
3. Урывский Л. О. Оцінка граничних корегуючих можливостей неперервних кодів через еквівалентні параметри блокових кодів/ Урывський Л. О. Пешкин А.М./ VII Міжнародна НТК «Проблеми телекомунікацій», Збірник матеріалів. – К.: ІТС НТУУ «КПІ», 2013, с. 350...353.
4. Пешкин А.М. Порівняння методик синтезу параметрів коригуючих завадостійких кодів для оцінки їх завадостійких властивостей / Пешкин А.М.// IV Міжнародна науково-практична конференція присвячена 25-річчю заснування кафедри «Радіотехніки та інформаційної безпеки» Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича – Чернівці-2014.
5. Urywsky L. The Convolutional Codes Analysis Technique on the Optimum Block Codes Grounds / Urywsky L., Prokopenko K., Peshkin A. / Journal of Information &Telecommunication Sciences. – № 2, 2014. –p.p. 8-13.