



DOI [10.28925/2663-4023.2023.20.153163](https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.20.153163)

УДК 004.94

Гаджиев Матін

д.т.н.

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, Одеса, Україна

ORCID ID: 0000-0001-7280-3863

gadjievmm@ukr.net

Назаренко Олександр

к.т.н.

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, Одеса, Україна

ORCID ID: 0000-0001-7280-3863

duitz.od@gmail.com

Бабіч Юрій

к.т.н.

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, Одеса, Україна

ORCID ID: 0000-0002-7888-7591

babich159@gmail.com

Багачук Деніс

к.т.н.

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, Одеса, Україна

ORCID ID: 0000-0001-8798-891X

bagachukdg@gmail.com

Глазунова Людмила

к.ф.-м.н.

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0009-2142-1537

lvglazun@gmail.com

Кочеткова Марина

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0006-3189-4002

jubdvg@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Анотація: У статті обґрунтовано можливості збільшення ефективності якісних показників даних, що передаються за рахунок застосування сучасних алгоритмів, заснованих на використанні ансамблю таймерних сигнальних конструкцій. Показано, що за рахунок змін обмежень на базову тривалість елемента, який покладено в основу побудови сигнальної конструкції, отримано збільшення продуктивності каналу за рахунок зменшення енергетичної відстані між сигнальними конструкціями. При цьому інформаційним параметром у цих конструкціях виступають не параметри струму чи напруги, а час. Проведено аналіз методів передачі в інфокомунікаційних системах при використанні традиційних способів кодування (наприклад позиційного) з надлишковими кодами. Розглянуто основні недоліки позиційного кодування. Наведено метод обробки даних з використанням таймерних сигнальних конструкцій, аналізовано результати дослідження вибору ефективної довжини кодового слова за для збільшення швидкості передачі даних. Наведено результати дослідження впливу параметрів сигнальних таймерних конструкцій на швидкість передачі даних.



Ключові слова: дані, алгоритми обробки даних, базовий елемент, елемент Найквіста, інформаційний відрізок, таймерна сигнальна конструкція, кодування, позиційне кодування, кодові слова.

ВСТУП

На сучасному етапі в Україні, як і в усьому світі, основними проблемами розвитку інфокомунікаційних систем є створення та надання диференційних послуг (QoS – Quality of service) із відповідною якістю обслуговування (SLA – Service Level Agreement). Основні завдання системи забезпечення якості диференційного обслуговування полягають у підвищенні швидкості передавання інформації та збереженні високої вірності прийому інформації. Вирішення таких завдань досягається за допомогою підвищення ефективності системи передавання та застосування завадостійкого кодування [1]. Одним з методів підвищення ефективності системи передавання є використання багаторівневих сигналів. Використання багаторівневих таймерних сигналів дозволяє в системах цифрового зв'язку значно підвищити швидкість передавання інформації [2].

Підвищення вірності прийому інформації досягається за рахунок використання завадостійкого кодування у системах передачі інформації [3].

Таким чином, використання цих двох методів дозволяє будувати ефективні інфокомунікаційні системи.

В науковій літературі багато уваги приділяється позиційному кодуванню, на основі завадостійких (надлишкових) кодів. В працях показано, що використання багаторівневих таймерних сигналів дозволяє підвищити швидкість передавання інформації порівняно з позиційним кодуванням. Однак бракує порівняння позиційного та таймерного кодування на основі ентропійної оцінки кодових слів та інформаційної ємності елемента Найквіста [4]-[10].

Метою цієї статті є практичне порівняння алгоритмів обробки цифрових даних при використанні для цього традиційних (наприклад позиційного методу кодування) та сучасних (зокрема таймерних сигнальних конструкцій) способів з метою оцінки якісних показників передачі інформації в розглянутих випадках. Для цього в роботі на прийнятих певних умовах досліджується алгоритм обробки даних для передачі 2-х символних ансамблів тексту заданого алфавіту при позиційному кодуванні, а також наводиться принципи обробки та передачі даних за допомогою застосування таймерних сигнальних конструкцій при реалізації ТСК з формуванням 5-ти елементів на 3-х відрізках з обмеженням мінімальних та максимальних значень на інтервалі $T_{ck} = 7t_0$.

ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Основні засади формування позиційного коду.

Під позиційним кодуванням (ПК) розуміють представлення числа N через коефіцієнти системи зчислення відповідної алфавіту каналу “ a ” (a – число стану інформаційного параметра)

$$N = d_n a^n + \dots + d_2 a^2 + d_1 a^1 + d_0 a^0, \quad (1)$$

$$d \in 0; 1; \dots (a - 1).$$

Для прикладу розглянемо представлення двох чисел: 23 та 31.

Для десяткової системи (тобто $a = 10$; $d \in 0 \div 9$):

$$\begin{aligned} N_1 \rightarrow 23 & \quad 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 \rightarrow 23, \\ N_2 \rightarrow 31 & \quad 3 \times 10^1 + 1 \times 10^0 \rightarrow 31. \end{aligned}$$

Для двійкової системи ($a = 2$; $d \in 0 \div 1$):

$$N_1 = 23 \rightarrow 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 \rightarrow 10111$$

$$N_2 = 31 \rightarrow 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 \rightarrow 11111$$

З цих прикладів видно, що із зростанням “ d ” зменшується число цифр в представленні одного й того ж числа (1).

Кількість інформації в позиційних кодових словах (H) визначається кількістю інформаційних елементів у них. Якщо код простий [11], тобто. використовуються всі N_m кодових слів, то

$$H = \log_2 N_m = \log_2 a^n = n \log_2 a \quad (2)$$

З виразу (1) випливає, що якщо $a > 2$, то при позиційному кодуванні в кожному елементі міститься більше одного біта інформації. Існуючі системи зв'язку використовують надлишкові коди, у яких кожна комбінація містить m елементів інформаційних та r елементів додаткових (надлишкових) [2]

$$n = m + r$$

Наприклад, у кодї з парним числом одиниць інформаційними є лише $(n-1)$ елементів, а в 9-елементному кодї Хеммінга міститься 5 інформаційних елементів і 4 перевірючих [3], отже, ентропія кожного кодового слова $H=5$, а інформаційна ємність одного елемента $I_H = 5/9 = 0,5555\dots$

Слід зазначити, що кожне кодове слово при позиційному кодуванні передається каналом коефіцієнтами x_i , тривалість сигналу кожного з яких дорівнює тривалості елемента Найквіста [4]

$$t_0 = \frac{1}{\Delta F}$$

- де: ΔF - смуга спектра сигналу.

В роботі аналізуються умови передавання даних по каналам з базою [12]-[14]:

$$B = t_0 \times \Delta F = 1 \div 2,$$

- t_0 – тривалість перехідного процесу на виході каналу зі смугою ΔF ;

- $\Delta F \rightarrow t_0 = 1/\Delta F$ – який називається найквістовим елементом.

Під смугою ΔF розуміють реальну полосу ΔF_p поділену на 1,3 (зменшення на 30% пов'язане з нелінійністю амплітудно- та фазочастотних характеристик).

В канал передачі даних окремі елементи a_i розкладання (1) передаються відрізками сигналу тривалістю t_0 з різними амплітудами або різними частотами, або начальними фазами. На момент зміни коефіцієнту в представленні (1) відбувається модуляція (зміна) інформаційного параметру.

До недоліків позиційного кодування слід віднести [1]-[3]:

1. Мінімальну енергетичну відстань при ПК між кодовими словами (КС) дорівнює енергії найквістового елемента, що «надмірне» для каналів з імовірністю помилки $P_{\text{ош}} < 10^{-4}$ (тобто зменшивши енергетичну відстань між КС можна збільшити число реалізацій).

2. При довжині коду “ n ” елементів число реалізацій N_p кодових слів $N_p = a^n$ при цьому кількість інформації в кодовому слові $I_{\text{КС}} = n \log_2 a$ біт, а в одному елементі Найквіста $I_H = \log_2 a$ біт.

3. Принциповим недоліком ПК є неможливість регулювати енергетичну відстань між КС і, отже, збільшувати число реалізацій на заданому інтервалі часу.

2. Реалізація алгоритмів позиційного кодування для обробки цифрових даних.

Розглянемо практичні застосування алгоритмів позиційного способу обробки даних для передачі 2-х символних ансамблів текстової інформації заданого алфавіту при кодуванні.

Необхідні розрахунки виконаємо за допомогою програмного середовища для рішення інженерних задач Scilab [14].

Як відомо, кількість інформації при позиційному кодуванні визначається виразом (2). Так для передачі, наприклад 32 символів алфавіту необхідно згідно (2) 5 елементів коду ($\log_2 32 = 5$), а для передачі двох символних ансамблів, ($N_p = 32 \times 32 = 1024$) необхідно $\log_2 1024 = 10$ елементів в кодовому слові (аналогічно, для передачі 3-х символних ансамблей довжина кодових слів буде, рівної $3 \log_2 32 = 15$ елементів). Таким чином можна зробити висновок, що при передачі одним кодовим словом інформації 0-Z символів алфавіту, існує лінійна залежність кількості елементів групової комбінації від кратності Z, символних ансамблів. Слід зазначити, що з різних методів, які забезпечують формування (32^Z) різних комбінацій загальна кількість елементів n в кодовому слові дорівнює

$$n_{\Sigma} = Z \log_2 32$$

Нехай реалізацією будуть $N_{p1} = 23$ і $N_{p2} = 31$. Для формування 1024 кодових слів можна скористатися одним кодовим словом з числом елементів $n_1 = 10$ або двома кодовими словами по 5 елементів $n_1 = n_2 = 5$, або двома кодовими словами при $n_1 = 2$ і $n_2 = 8$ з підмножинами чисел реалізацій $N_{p1} = 2^2$ і $N_{p8} = 2^8$, що забезпечить загальну кількість реалізацій ($4 \cdot 256 = 1024$). При $n_1 = 3$ і $n_2 = 7$ підмножини будуть $2^3 = 8$; $2^7 = 128$; ($n_{\Sigma} = 3 + 7 = 10$) з тим самим числом реалізацій ($8 \cdot 128 = 1024$) [15].

Як було зазначено, відстань між сусідніми моментами модуляції, при позиційному кодуванні кратна тривалості найквістового елемента, що обмежує потужність реалізованої множини на інтервалі n елементів. Елементність кодового слова n визначається числом різних станів кодованого джерела N_K [4]

$$n = E^+ \log_2 N_K$$

- де E^+ - символ "целого большего числа $\log_2 N_K$ ", і тоді з [1] і [2] випливає, що максимальне число N при двійкових сигналах не перевищує 2^n . У коригувальних (надлишкових) кодах граничне число додаткових r елементів визначається межею Варшавова – Гільберта [5]

$$2^{n-m} = 2^r \geq \sum_{i=0}^{d_0=2} c_n^i - 1$$

- де d_0 - потрібна кодова відстань.

У табл. 1 наведено значення чисел надлишкових елементів r, при $m \in 1 \div 15$, при $d_1 = 3$ і $d_2 = 5$.

Таблиця 1

Число проверочных элементов при $d \in const$

| | | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| d_0/m | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 4 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 14 | 15 | 15 | 15 |

Як впливає з табл. 1 при кодовій відстані $d = 5$ и $m \geq 1$ інтервалів реалізацій, кількість надлишкових елементів при позиційному кодуванні великої кількості інформації значно зростає, що робить такий код неефективним.

3. Принципи формування таймерних сигнальних конструкцій

У таймерних кодах, на відміну від позиційного способу кодування, коли інформація про розряд який передається визначається видом сигналу на одиничному (найквістовому) інтервалі, інформація закладена в кількості інформаційних відрізків “ i ”, розташованих на інтервалі $T_{ck} = mt_0$, місцях їхнього положення на інтервалі T_{ck} та тривалостях кожного ($\tau_{ci} \geq t_0 + z\Delta$, ($k \in 1; 2; z$ – ціле число)). Величина Δ визначає крок зміни тривалостей відрізків, що забезпечує задану ймовірність помилкового визначення тривалості відрізків “ τ_{ci} ” на прийомі (для каналу ГТС (табл.2) $\Delta = t_0/7 = 0,143 \times t_0$)).

Для прикладу в табл.2 наведено якість передавання кодових слів каналом міської телефонної мережі (ГТС) за ПК і за кодування за рахунок тривалості окремих сигналів “ τ_{ci} ” кодових конструкцій (таймерних сигнальних конструкцій - ТСК).

Таблиця 2

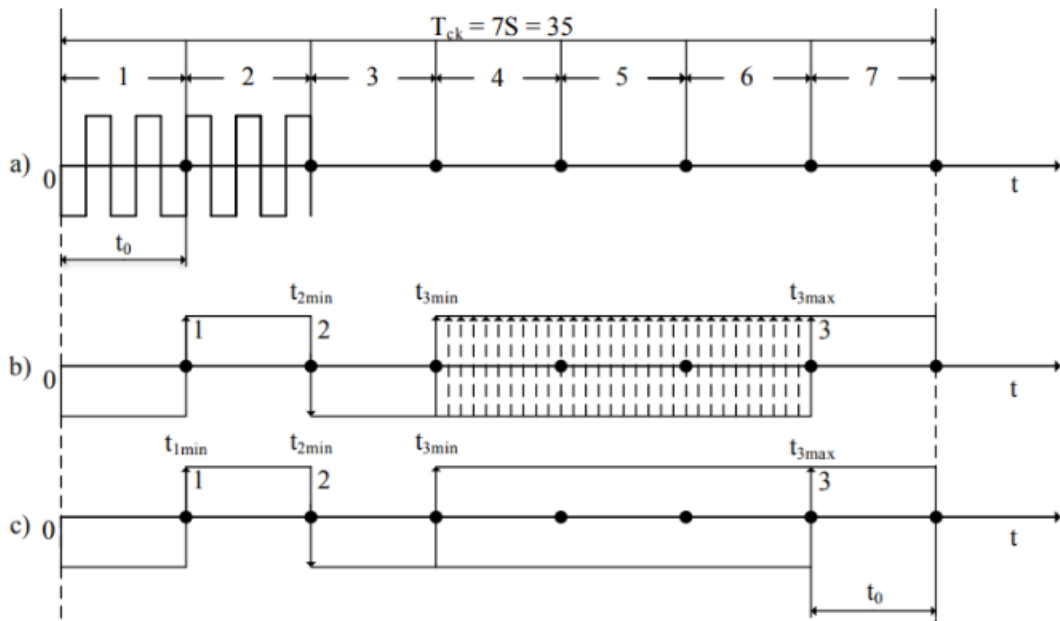
Порівняльні параметри позиційного і таймерного кодування

| ПК | | | | ТСК, при $S = 7$ ($\Delta = 0,143 t_0$) | | | |
|-----|-----------|----------|----------------------|---|-----------|----------|-----------------------|
| N | $N_{пер}$ | $N_{ош}$ | $P_{ош}$ | n | $N_{пер}$ | $N_{ош}$ | $P_{ош}$ |
| 10 | 10^6 | 700 | 7×10^{-4} | 9 | 10^6 | 104 | $1,04 \times 10^{-4}$ |
| 20 | 10^6 | 770 | $7,7 \times 10^{-4}$ | 17 | 10^6 | 1150 | $11,5 \times 10^{-4}$ |
| 40 | 10^6 | 1500 | 15×10^{-3} | 33 | 10^6 | 1620 | $1,6 \times 10^{-3}$ |

У табл. 2 прийнято такі позначення: $N_{пер}$ - число переданих кодових слів. $N_{ош}$ - число помилок прийнятих кодових слів, $P_{ош}$ - довжина кодового слова найквістого елемента. З табл. 2 випливає, що, незважаючи на те, що енергетична відстань між КС за ТСК визначається енергією, яка в 7 разів менша, ніж за ПК ($S = 7$), імовірності помилки за близьких тривалостей КС відрізняються незначно.

На рис. 1 представлено реалізації ТСК за 3-х відрізків з обмеженням мінімальних і максимальних значень на інтервалі $T_{ck} = 7t_0$ при $S = 5$;

- формування 5 елементів Δ на інтервалі елемента Найквіста;
- кодове слово при тривалостях 3-х відрізків слова і можливих місцях положення;
- кодове слово при $t_{1min}, t_{2min}, t_3 = t_0 + 1\Delta$;



$$t_{1min} = 5\Delta, t_{2min} = 10\Delta, t_{3min} = 15\Delta, t_{1max} = 20\Delta, t_{2max} = 25\Delta, t_{3max} = 30\Delta.$$

Рис.1 Реалізація ТСК при $S = 5, m = 7, i = 3$.

Тривалість кожного з відрізків сигналу сигнальної конструкції не менше найквістового інтервалу [2]

$$\tau_{ci} = t_0 + z\Delta \quad (3)$$

- де $z\Delta \in 0 \div z_0$ – целые числа. А частина одиничного елемента $t_0 > \Delta = \frac{t_0}{s}$ і визначається параметрами перехоуд у каналі та припустимою ймовірністю помилкового прийому сигнальної конструкції ($s \in 2, 4, \dots, s_0$).

Доданок t_0 в (3) забезпечує встановлення перехідного процесу на виході каналу при передачі всіх « i » відрізків кожної сигнальної конструкції, а $z\Delta$ несе інформацію про кодове слово.

4. Реалізація алгоритмів ТСК для обробки цифрових даних

Відомо [2], що потужність (число реалізації ТСК, (N_p)) на інтервалі m найквістових елементів можна визначити виразом:

$$N_p = C_{ms-i(s-1)}^i \quad (4)$$

Після розкладання виразу (4) отримуємо:

$$N_p = \frac{(ms-i(s-1))!}{i!(ms-is)!} \quad (5)$$

Кількість реалізацій N_p (потужностей) таймерних сигнальних конструкцій, розрахованих за алгоритмом (вираження 5), за певних заданих умов представлені в табл.3. У табл. 3 чисельник показує кількість реалізацій ТСК для $i=3, m \in 4 \div 10$, для $S = 2; 4; 6; 8; 10$, а в знаменнику - кількість інформації, що міститься в одному елементі:

$$I_H = \frac{\log_2 N_p}{m} \quad (6)$$

Таблиця 3

Кількість реалізацій ТСК та кількість інформації, що міститься в елементі Найквіста

| S $\setminus m$ | 4 $2^4 = 16$ | 5 $2^5 = 32$ | 6 $2^6 = 64$ | 7 $2^7 = 128$ | 8 $2^8 = 256$ | 9 $2^9 = 512$ | 10 $2^{10} = 1024$ |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 2 | 10/0,83 | 35/1,026 | 84/1,065 | 165/1,052 | 286/1,02 | 455/0,98 | 680/0,941 |
| 4 | 35/1,282 | 165/1,473 | 455/1,472 | 969/1,417 | 1771/1,349 | 2925/1,279 | 4495/1,213 |
| 6 | 84/1,598 | 455/1,766 | 1330/1,730 | 2925/1,645 | 5456/1,552 | 9139/1,462 | 14190/1,379 |
| 8 | 165/1,842 | 969/1,984 | 2925/1,919 | 6545/1,811 | 12341/1,699 | 20825/1,594 | 32509/1,499 |
| 10 | 286/2,039 | 1771/2,158 | 5456/2,068 | 12341/1,941 | 23426/1,814 | 39711/1,697 | 62196/1,592 |

З табл. 3 слідує:

1) У двійковому каналі, без зміни алфавіту, за рахунок різкого збільшення числа повторень $N_p \gg 2^m$, на одному елементі Найквіста (з позиційним кодуванням) може бути передано більше двох бітів інформації $I_H = \log_2 = 1$.

2) Зі збільшенням m при $s = \text{const}$ інформаційна ємність найквістового елемента збільшується до m_{max} (після m_{max} – зменшується).

3) Максимальна кількість інформації на елемент передається з довжиною структури сигналу $T_{ck} = 5t_0$.

4) При зміні алфавіту каналу кількість реалізацій i , отже, I_H значно збільшиться.

5) Наприклад, якщо $a=5$, кількість реалізацій збільшиться на $[(5/2)]^3 = 15,625$ разів. Тоді для $m = 8$, $i = 3$ та $S = 7$ (табл. 3) кількість вивільнень становитиме $(8436 \times 15,625) = 133375$, тобто один елемент Найквіста міститиме ($I_H = \log_2 133375$) понад 17 біт інформації.

Для збільшення безлічі таймерних сигнальних конструкцій без зміни алфавіту каналу $a = 2$ доцільно комбінувати підмножини з різним числом відрізків "i" для одного і того ж інтервалу реалізації "m" і значення "S". Наприклад у табл. 4 наведено числа реалізацій N_p на інтервалі $m = 5$ при $S \in 6; 7; 8; 9$ для $i \in 2; 3; 4; 5$.

Таблиця 4

Кількість реалізацій N_p на інтервалі $m = 5$

| S \ i | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|-----|------|-----|---|
| 6 | 190 | 455 | 210 | 1 |
| 7 | 253 | 680 | 330 | 1 |
| 8 | 325 | 969 | 495 | 1 |
| 9 | 406 | 1330 | 715 | 1 |

Таким чином, за результатами проведених аналітичних досліджень та розрахунків можна затвердити такі:

- якщо необхідно передати будь-яку пару букв алфавіту з $(32 \times 32) = 1024$ можна взяти реалізації при $m = 5$; $i = 3$; $S = 8$ (969 реалізацій), а відсутні додати з реалізацій при $i = 2$. У цьому випадку кожен найквістовий елемент міститиме $I_H = \frac{\log_2 1024}{5} = \frac{10}{5} = 2$ біта інформації;

- аналогічне кодове ущільнення можна зробити для двох байт інформації на інтервалі одного байта;

- насправді, безліч реалізацій за наявності двох байтів $N_p(2S) = 256 \times 256 = 65536$. При параметрах сигнальних конструкцій $m = 8$; $S = 7$; $i = 5$; згідно з виразом (5) можна отримати $N_p = 65780$;

- при $m = 5$ і при $m = 8$ можна отримати 2 біти інформації та один найквістовий елемент (табл. 3), при $\alpha = 2$, тобто в два рази більше порівняно с ПК ($\log_2 2 = 1$).

ВИСНОВКИ

1. Таймерні сигнальні конструкції дозволяють синтезувати ансамблі з великим інформаційним змістом у порівнянні з позиційним кодуванням.

2. З обмеженням довжини кодового слова зменшується час використання пристрою інфокомунікаційної мережі та при використанні позиційного кодування для передачі двосимвольних повідомлень кількістю $32 \times 32 = 1024$ потрібно 10 елементів, а при таймерном кодування достатньо 5 елементів.

3. Змінюючи кількість інформаційних відрізків « i » кодових словах таймерних кодів при постійному значенні інтервалу реалізацій $m = \text{const}$ можна збільшувати швидкість передачі інформації.

4. При використанні алгоритму ТСК отриманий вииграш за кількістю реалізацій може бути використаний для створення надмірності з метою забезпечення заданої ймовірності помилкового прийому.

5. Більше реалізацій таймерних сигналів на заданому інтервалі часу крім подвоєння інформаційної ємності найквістості елемента в бінарному каналі можна використовуватиме створення рівноймовірної передачі кодових символів при не рівноймовірному первинному алфавіті. Для цього достатньо кожному первинному символу x_i (букви) створити «свій» банк різних кодових слів, число яких дорівнює найближчому цілому числу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Рид, Р. (2005). *Основы теории передачи информации*. Вильямс.
- 2 Захарченко, Н. В., Горохов, С. М., Кочетков, А. В. (2018). *Информационные параметры позиционных и таймерных кодов*.
- 3 Блейкут, Р. (1986). *Теория и практика кодов, контролирующих ошибки*. МИР.
- 4 Прокис, Дж. (2000). *Цифровая связь*. Радио и связь.
- 5 Захарченко, Н.В., Гаджиев, М.М., Салманов, Н.С. и др. (2009). *Повышение эффективности блочного кодирования при работе по нестационарным каналам*. Элм.
- 6 Рихтер, С. Г. (2010). *Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной связи*. Горячая линия – Телеком.
- 7 Гусев, О. Ю., Конахович, Г. Ф., Пузиренко, О. Ю. та ін. (2010). *Теория электричного зв'язку*. Магнолія 2006.
- 8 Корчинський, В. В., Кільдишев, В. Й., Хомич, С. В., Белова, Ю. В. (2012). Ефективність j -кратного повторення надлишкових таймерних сигнальних конструкцій. *Вестник НТУ «ХПИ»*, 26, 36–38.
- 9 Кільдишев, В. Й., Мирошніченко, А. Ю., Ніколаєв, Н. О., Танжи, Л. (2005). Влияние сосредоточенных во времени помех на искажении таймерных сигналов. *Телекоммуникаційні системи та мережі на залізничному транспорті: Зб. наук. пр.*, 71, 52–58.
- 10 Лийницький, В.А., Конопелько, В.К. (2007). *Норменное декодирование помехоустойчивых кодов и алгебраические уравнения*. Центр БГУ.
- 11 Берлекамп, С. (1971). *Алгебраическая теория кодирования*. Мир.
- 12 Кромел, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р. (2002). *Алгоритмы: построение и анализ*. МЦНМО.



- 13 Буртняк, І.В. (2019). *Імітаційне моделювання*. Івано-Франківськ: ПНУ ім. В. Стефаника.
- 14 Scilab. <https://www.scilab.org/>.
- 15 Корн, Г. (1978). *Справочник по математике для научных работников и инженеров*. Наука.



Matin Hadzhyiev

Dr. habil., Prof.

State University of Intellectual Technologies and Communication, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-7280-3863

gadjevmm@ukr.net

Aleksander Nazarenko

Ph.D., Ass. Prof.

State University of Intellectual Technologies and Communication, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-7280-3863

duitz.od@gmail.com

Yuri Babich

Ph.D., Ass. Prof.

State University of Intellectual Technologies and Communication, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-7888-7591

babich159@gmail.com

Denis Bagachuk

Ph.D., Ass. Prof.

State University of Intellectual Technologies and Communication, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-8798-891X

bagachukdg@gmail.com

Lyudmila Glazunova

Ph.D., Ass.

State University of Intellectual Technologies and Communication, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0009-2142-1537

lvglazun@gmail.com

Marina Kochetkova

State University of Intellectual Technologies and Communication, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0006-3189-4002

jubdvg@gmail.com

RESEARCHING OF EFFICIENT DATA PROCESSING ALGORITHMS TO INCREASE THE QUALITY OF INFORMATION TRANSFER IN INFOCOMMUNICATION SYSTEMS

Abstract. In the process of data processing for their further efficient transmission through the channels of various infocommunication systems, it is of great technical importance to ensure high reliability and speed of transmission. To do this, modern systems use various encoding methods and methods for converting transmitted data. Each of the methods has its own advantages and disadvantages compared to the others.

The principle studied in the work, the algorithm for the formation of "temporal signal structures" (TSC) and their further application for data transmission allows much more information to be transmitted in one time interval compared, for example, with positional coding. Also, classical positional coding is inferior in such important data transmission parameters as information capacity and entropy.

At the same time, the results of calculating these parameters are greatly influenced by the language (alphabet) of the transmitted textual information, on the basis of which the calculations are carried out, or the type of text used (literary, technical, etc.). Also, the result of calculations can be affected by the amount of data being analyzed (Big Data), the effect is likely to be noticeable in particular cases, and not in general. Under these conditions, the possibility of using a modern adapted method of coding transmitted data in the relevant infocommunication systems becomes especially relevant. The article substantiates the possibility of improving the efficiency of qualitative indicators of transmitted information through the use of modern algorithms based on the use of the TSC ensemble for data processing. It is shown that by changing the restrictions on the basic duration of the element



underlying the construction of the signal structure, an increase in the channel productivity was obtained by reducing the energy distance between the signal structures. At the same time, the information parameter in these structures is not the parameters of current or voltage, but time. The analysis of transmission methods in infocommunication systems using traditional coding methods (for example, positional) with redundant codes is carried out. The main disadvantages of positional coding are considered. A method of data processing using TSC is presented, and the results of a study of choosing the effective length of a code word to increase the data transfer rate are analyzed. The results of studying the influence of the parameters of signal timer structures on the data transfer rate are presented.

To fully confirm the reliability of the results obtained in the course of theoretical studies, it is necessary to conduct appropriate practical studies, for example, with simulation on a software model of using a particular transmission system with different coding principles.

Keywords: data, data processing algorithms, basic element, Nyquist element, informational input, timer signal construction, coding, position coding, codewords.

REFERENCES

- 1 Rid, R. (2005). *Osnovy teorii peredachi informatsii*. Vilyams.
- 2 Zaharchenko, N. V., Gorohov, S. M., Kochetkov, A. V. (2018). *Informatsionnyie parametryi pozitsionnyih i taymernyih kodov*.
- 3 Bleykut, R. (1986). *Teoriya i praktika kodov, kontroliruyuschih oshibki*. MIR.
- 4 Prokis, Dzh. (2000). *Tsifrovaya svyaz. Radio i svyaz*.
- 5 Zaharchenko, N.V., Gadzhiev, M.M., Salmanov, N.S. i dr. (2009). *Povyishenie effektivnosti blokovogo kodirovaniya pri rabote po nestatsionarnym kanalym*. Elm.
- 6 Rihter, S. G. (2010). *Kodirovanie i peredacha rechi v tsifrovyyih sistemah podvizhnoy svyazi. Goryachaya liniya – Telekom*.
- 7 GusEv, O. Yu., Konahovich, G. F., Puzirenko, O. Yu. ta In. (2010). *Teoriya elektrichnogo zv'yazku. Magnoliya 2006*.
- 8 Korchinskiy, V. V., Kildishev, V. Y., Homich, S. V., BElova, Yu. V. (2012). *EfektivnIst j-kratnogo povtorennaya nadlishkovih taymernih signalnih konstruktsIy*. *Vestnik NTU «HPI»*, 26, 36–38.
- 9 Kildishev, V. Y., Miroshnichenko, A. Yu., NikolaEv, N. O., Tanzhi, L. (2005). *Vliyanie sosredotochennyih vo vremeni pomeh na iskazhenii taymernyih signalov. TelekomunikatsIynI sistemi ta mrezhI na zallzrichnomu transportI: Zb. nauk. pr.*, 71, 52–58.
- 10 Liynitskiy, V.A., Konopelko, V.K. (2007). *Normennoe dekodirovanie pomehoustoychivyih kodov i algebraicheskie uravneniya*. Tsentr BGU.
- 11 Berlekamp, E. (1971). *Algebraicheskaya teoriya kodirovaniya*. Mir.
- 12 Kromen, T., Leyzerson, Ch., Rivest, R. (2002). *Algoritmyi: postroenie i analiz*. MTsNMO.
- 13 Burtnyak, I.V. (2019). *ImItatsIyne modelyuvannya*. Ivano-FrankIvsk: PNU Im. V. Stefanika.
- 14 Scilab. <https://www.scilab.org/>.
- 15 Korn, G. (1978). *Spravochnik po matematike dlya nauchnyih rabotnikov i inzhenerov*. Nauka.

