

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

V. Zinchenko, O. Pletinka,  
N. Brovarska, A. Potapenko

## **SIMULATION OF THE PARAMETERS OF COMMUNICATION SYSTEMS WITH THE USE OF TECHNOLOGY OF VIRTUAL ENVIRONMENT**

*The questions of modeling of parameters of the communication systems with the use of subsystems of virtual environment, which allow to justify the choice of components of radio equipment are investigated.*

*Key words: the virtual environment, satellite communications, modeling.*

*Исследуются вопросы моделирования параметров систем связи с использованием подсистем виртуального окружения, которые позволяют обосновать выбор компонент радиооборудования.*

*Ключевые слова: виртуальное окружение, спутниковая связь, моделирование.*

*Досліджуються питання моделювання параметрів систем зв'язку з використанням підсистем віртуального оточення, які дозволяють обґрунтувати вибір компонент радіообладнання.*

*Ключові слова: віртуальне оточення, спутниковий зв'язок, моделювання.*

© В.П. Зінченко, О.В. Плетінка,  
Н.Й. Броварська,  
А.Ф. Потапенко, 2012

УДК 681.3.06

В.П. ЗІНЧЕНКО, О.В. ПЛЕТІНКА,  
Н.Й. БРОВАРСЬКА, А.Ф. ПОТАПЕНКО

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ВІРТУАЛЬНОГО ОТОЧЕННЯ**

**Вступ.** У роботі розглянуті питання пов'язані з підсистемами супутникового зв'язку які обумовлені використанням мікросупутників, застосування яких поширюється на різні галузі науки, що важливо для стратегічної участі України в освоєнні космосу. В секторі космічних досліджень, серед багатьох сучасних високих технологій, важливе місце займають платформи віртуалізації (віртуальні системи та системи віртуального оточення) які останнім часом набули стрімкого розвитку і отримали довіру користувача. Особлива увага приділяється питанням аналізу енергетики радіоканалів, принципам передачі даних, правилам їх формування, методам підвищення завадостійкості з ціллю їх ефективного використання в технологіях віртуального оточення. Робота містить результати моделювання мікросупутника (МС) у віртуальному оточенні на базі віртуальної лабораторії МС\_НТУУ (Київського політехнічного інституту).

**Загальна частина.** У роботі досліджуються питання моделювання параметрів систем зв'язку з використанням підсистем віртуального оточення, які дозволяють проаналізувати варіанти штатних та нештатних обмежень для параметрів енергетичних супутникових радіоліній з ціллю обґрунтування параметрів абонентських прийомопередавачів мікросупутників радіомережі. В даний час для обміну даними між космічними об'єктами застосовуються протоколи, що дозволяють реалізувати міжнародні угоди по вза-

ємодії відкритих систем. Особливістю супутникових каналів зв'язку є наявність великих втрат сигналів, зумовлених затуханням (ослабленням і розсіюванням) його енергії на трасах великої протяжності. Коефіцієнт затухання енергії радіохвиль, який характеризує зменшення густини потоку потужності при віддаленні від випромінювача енергії, визначається виразом:

$$L_0 = 16\pi^2 d^2 / \lambda^2,$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі;  $d$  – дальність (відстань між антенами передавача і приймача сигналів) [1].

$$\lambda = c/f,$$

де  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с;  $f$  – частота сигналу.

Як правило, канал передачі інформації реалізується на одній інтегральній схемі програмувальної структури (ІСПС), а канал прийому – на іншій. При цьому такі ІСПС повинні мати інтерфейси для тестування.

Проектування таких систем зводиться до реалізації передавально/приймального каналів, де передбачена синхронізація телеметричної (ТМ) інформації і кодування за допомогою кодів, що виправляють помилки. Такі розробки мають враховувати рекомендації Консультативного комітету з космічних інформаційних систем (КККИС або CCSDS), де визначені наступні співвідношення між протоколами і моделями відкритих систем взаємодії (BCB) або Open System Interconnection (OSI) (табл. 1).

ТАБЛИЦЯ 1

OSI-рівні	CCSDS-рівні	CCSDS-протоколи
Мережа і верхні рівні	Мережа і верхні рівні	
Єднаний рівень даних	Підрівень протоколу зв'язку даних	ТМ або космічний протокол зв'язку даних
	Підрівень синхронізації і кодування каналу	ТМ синхронізації і кодування каналу
Фізичний рівень	Фізичний рівень	Радіочастотні і модуляційні системи

Підрівень синхронізації і кодування каналу виконує три функції: кодування з виправленням помилок, включаючи перевірку фрейму; синхронізацію та псевдо-рандомізацію. В CCSDS також рекомендовано три типи кодів, що виправляють помилки: згортаючі коди; коди Ріда – Соломона; турбокоди [2].

Для синхронізації фрейму передачі рекомендується приєднувати до початку кодового блоку синхромаркер (Attached Sync Marker – ASM або ACM), який також може усувати неоднозначності в даних. Для підвищення щільності передачі символів застосовується метод псевдо-рандомізації [3].

Структура каналу передачі включає внутрішню організацію синхронізації і

кодування каналу передачі. Визначаються функції підшарів і логічний взаємозв'язок цих функцій. Протоколом підрівня зв'язку даних каналу передачі (рис. 1) приймається передача фреймів фіксованої довжини, визначаються задані функції і посилається послідовний і безупинний потік символів у фізичний простір [4].

Проектування пристроїв каналу передачі базується на тій умові, що телеметричний кадр (ТК) відповідно до рекомендацій CCSDS має складатися з початкового синхромаркера і наступного безпосередньо за ним блоку даних. Шаблон синхромаркера для даних без кодування складається з 32 біт: 1ACFFC10h, 0001 1010 1100 1111 1111 1100 0001 1101b. Розмір блоку даних без кодування завжди кратний будь-якому цілому числу байт, але не повинний перевищувати 2048 байт. Розмір ТК протягом фази передачі/прийому не змінюється і визначається вибором на попередній фазі.

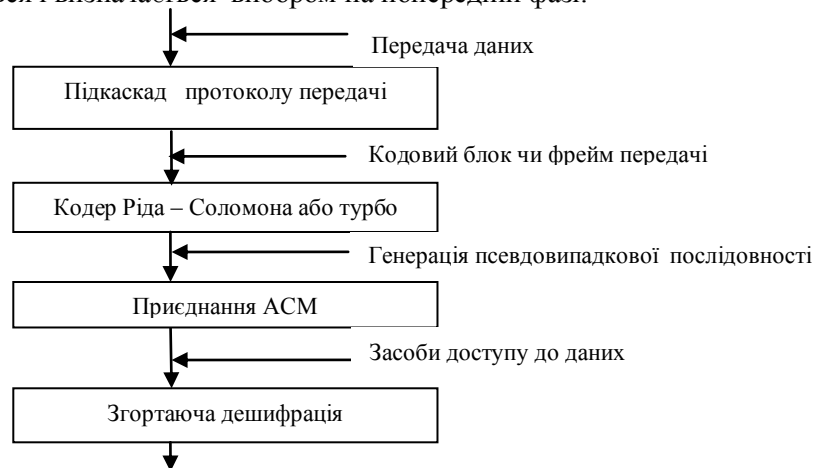


РИС. 1. Внутрішня організація підрівня передачі інформації

Структурна схема каналів передачі/прийому, яка відповідає специфікації CCSDS 131.0-B-1, показана на рис. 2. На вхід подається бінарний код, що кодується за допомогою одного з трьох кодерів. Далі сигнал подається на мультиплексор (MUX) і зашумляється. Блок синхроімпульсів (БВС) формує керуючі сигнали для формувача блоку даних (ФБД). Після чого інформація надходить безпосередньо у канал передачі [4].

При прийомі сигнал надходить на мультиплексор (MUX)/декодер (Convolutional) після чого на синхронізуючий пристрій (Синхр) і далі на фільтр. Далі цей сигнал поступає на один з двох декодерів відповідно до алгоритму, що кодує, далі через мультиплексор на вихід.

До складу формувача ТК входять блоки згортаючого кодування/декодування, рандомізатор і блок додавання синхромаркера (ASM) структурної схеми, складеної у відповідності до рекомендацій CCSDS.

У процесі розробки досліджені методи завадостійкого кодування/декодування інформації (згортуючий, Ріда – Соломона, турбо) і вибраний оптималь-

ний метод для формування телеметричного кадру МС\_НТУУ. Дослідження проведене при кодуванні/декодуванні тексту, зображення і звуку різними методами [4].

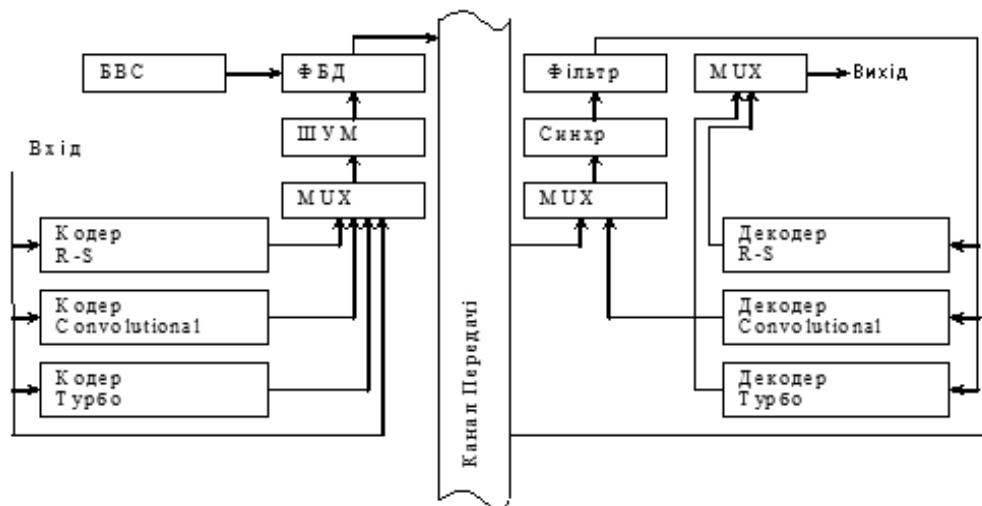


РИС. 2. Структурна схема каналу передачі інформації

Наприклад, дослідження на кодування тексту кодом Ріда – Соломона з розміром блоку 10+4 байт та спотворенням даних на 10 % (рис. 3) і відновлення тексту (рис. 4).

Як тестовий приклад взятий випадковий сигнал, закодований згортаючим кодом, кодом Ріда – Соломона і турбокодом. На сигнал накладено гаусів шум різної потужності та виконано декодування. Аналіз залежності частоти помилкових біт від рівня шуму для різних методів кодування показав, що найбільш ефективним є турбокод.

Шнж79	итт00орп	тььорорпхп	отнести	1948
шроаббтбтьбтьжжзнам	стаолрпшт	Клод Шен045		
9576	5779765-075	прлпра	возмжнорор	безпров88
Гппомтсрт	тащ	в		

РИС. 3. Спотворений текст

Начало истории кодирования можно отнести к 1948 году, когда была опубликована знаменитая статья Клода Шеннона, доказывающего принципиальную возможность беспроводной передачи сигналов
--

РИС. 4. Відновлений текст

Дослідження проведені у віртуальному оточенні лабораторії МС\_НТУУ за допомогою комп'ютерного моделювання систем передачі даних.

Також виявлений такий факт, що з незначним ростом кількості ітерацій турбодекодера, частота помилкових біт різко падає (рис. 5) і немає необхідності змінювати структуру декодера.

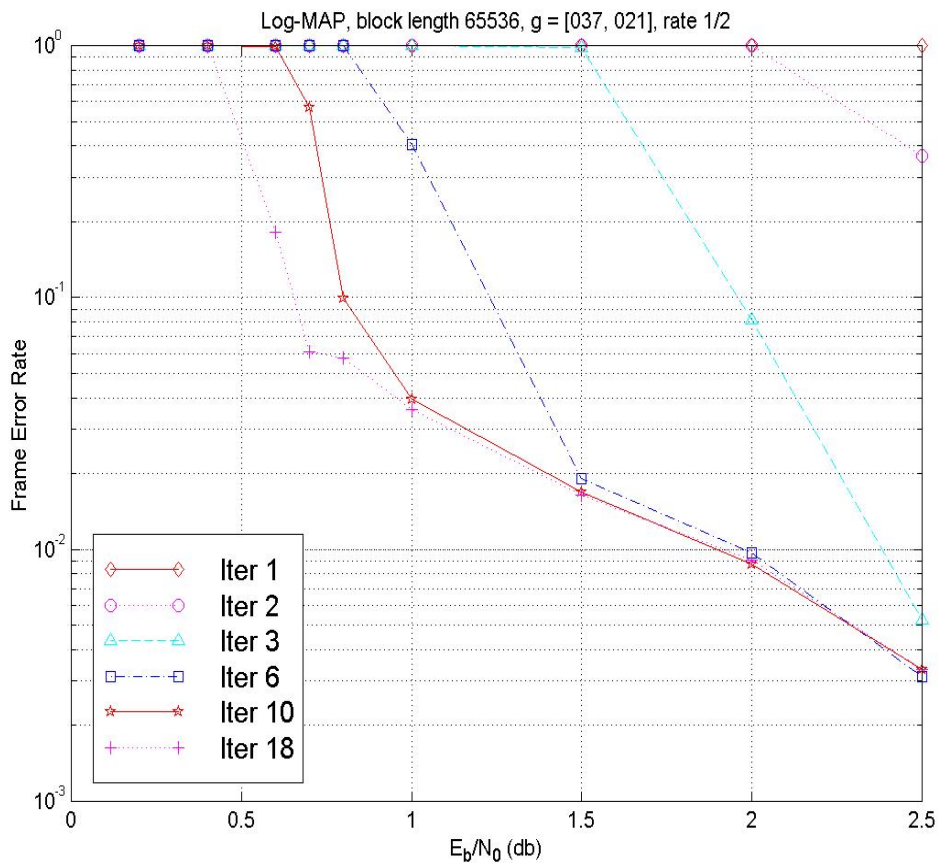


РИС. 5. Залежність частоти помилкових біт від числа ітерацій турбодекодера

Так як МС\_НТУУ може бути використаний для передачі зображення, то перевірена ефективність турбокодів при кодуванні зображень. Вже на 2-й ітерації турбодекодера завади практично відсутні. Порівняльні характеристики ефективності методів кодування зображень приведені в табл. 2.

ТАБЛИЦЯ 2

Метод	Eb/No db					
	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Ріда – Соломона	.6921	.6456	.5474	.4553	.3044	.0149
Згорткові коди	.5982	.3947	.2053	.0807	.0202	.0053
Турбокоди	.4211	.0535	.0035	0	0	0

Отже, можна зробити висновок, що для побудови формувача телеметричного кадру МС\_НТУУ найкращим методом є турбокодування.

**Висновки.** Наведені вирази дозволяють визначити та обґрунтувати вибір параметрів радіообладнання і антенних систем мікросупутника та наземних станцій. Що дає змогу моделювати систему зв'язку у віртуальному оточенні з дійсними параметрами підсистем передачі інформації.

Результати дослідження методів завадостійкого кодування інформації представлені в роботі підтвердили те, що для побудови формувача телеметричного кадру МС\_НТУУ найкращим методом є турбокодування. Проведені розробки враховують рекомендації Консультативного комітету з космічних інформаційних систем.

Дані досліджень у повній мірі використовуються в віртуальній лабораторії МС\_НТУУ.

1. *Весоловський К.* Системы подвижной радиосвязи. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 536 с.
2. *Бунин С.Г., Войтер А.П.* Вычислительные сети с пакетной радиосвязью. – Киев: Техника, 1989. – 223 с.
3. *Плетінка О.В.* Дослідження енергетики супутникових радіоліній та обґрунтування параметрів абонентських прийомопередавачів мікросупутникової радіомережі // Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2012. – С. 200 – 202.
4. *Зинченко В.П., Буров В.А., Зинченко С.В., Штефлюк А.В.* Оптимизация систем передачи телеметрической информации // Матеріали XXXIII Міжнар. конф. “Вопросы оптимизации вычислений”. – ІК НАН України ім. В.М. Глушкова, Кацівелі, 2005. – С. 104 – 107.

Одержано 12.10.2012