

1986.– P. 137–147. 5. Silberschatz A. Database System Concepts: 5th Edition [Електронний ресурс] / A. Silberschatz, Henry F. Korth, S. Sudarshan. – McGraw-Hill, August 9, 2005. Режим доступу: URL: <http://codex.cs.yale.edu/avi/db-book/db5/slide-dir/ch9.ppt>. 6. Грабовецький Ю. В. Методичні вказівки до вивчення теми “Ненормалізовані реляційні моделі даних” курсу “Бази та банки даних і знань” для студентів спеціальності 2202 “Автоматизовані системи обробки інформації й управління”. Ч.1,2. / Ю. В. Грабовецький, В. В. Пасічник // – Львів: ЛПП, 1990. – 44 с. 7. Григорович А. Г. Реляційне числення доменів для ненормалізованих відношень / А. Г. Григорович, В. Г. Григорович // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2012. – №8 (179), Ч.2. – С. 24–30. 8. Григорович А. Г. Еквівалентність виразів реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень та розширеної реляційної алгебри / А. Г. Григорович, В. Г. Григорович // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”: Комп’ютерні науки та інформаційні технології. – 2013. – № 751. – С. 292–299. 9. Григорович А. Г. Побудова та доведення формул реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, що еквівалентні теоретико-множинним операціям / А. Григорович, В. Григорович // Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції (Луганськ, 31 травня – 1 червня 2012 р.). – Луганськ : Phoenix, 2012. – С. 27–28.

УДК 004.716

Т.М. Гринчишин

Відкритий міжнародний університет розвитку людини “Україна”,
Івано-Франківська філія, кафедра інформаційних технологій та програмування.

ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛЬНИХ КОДІВ НА ОСНОВІ КОДОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ГАЛУА

© Гринчишин Т.М., 2014

Викладено теоретичні основи та принципи формування сигнальних кодів, що використовуються для маніпуляції біт-орієнтованих потоків даних в інформаційних каналах комп’ютерних систем з врахуванням ступеня використання сигнальних просторів та форми сигналів, швидкості передавання повідомлень та ступеня захисту від помилок. Запропоновано нову методику безнадлишкового сигнального кодування біт-орієнтованих інформаційних потоків з використанням кодів поля Галуа, яка значно оптимізує і покращує відомі методи цифрового опрацювання даних з виявленням та виправленням помилок, та ефективно реалізується на основі запропонованих методів.

Ключові слова: канал зв’язку, методи маніпуляції, рекурентні коди, безнадлишкове кодування.

Theoretical bases and principles of forming of alarm kodas, which are used for manipulation of bit-oriented flows of data in the informative ductings of the computer systems taking into account the degree of the use of alarm spaces and form of signals, speed of transferrableness of reports and degree of defence, from errors, are expounded. In this article the new method of unsurplus of alarm codes of bit-oriented informative streams is offered with the use of kodas of the field of Galois, which considerably optimizes and improves the known methods of the digital working of information with an exposure and correction of errors, and effectively realized on the basis of the offered methods.

Key words: Communication channel, methods of manipulation, recurrent codes, unsurplus codes.

Вступ

Поширені системи передавання даних; їхні потенційні функціональні можливості способу передавання дискретної інформації забезпечують якісний та надійний цифровий оптичний зв’язок.

Для виявлення помилок використовують стандартні методи на основі рекурентних надлишкових коректуючих кодів. Для того, щоб в даних, які передаються, не з'являвся код-флага, виконується процедура біт-стаффінга після кожних п'яти одиниць, які потім вилучаються. В результаті код-фрейм має змінну довжину, що ускладнює процедуру виявлення помилок і перевантажує трафік передавання даних.

Тому завдання вдосконалення методів кодування є актуальним і перспективним.

Актуальність теми

Методи цифрової обробки сигналів ґрунтуються на зміні системних характеристик носіїв фізичного сигналу. Якщо ці зміни є неперервні, то цей метод називається модуляцією, якщо стрибкоподібні – маніпуляцією.

Імпульсні методи маніпуляції сигналів найчастіше використовують на низових рівнях комп'ютерних мереж, в цифровій телефонії, а також у комп'ютерних системах з оптичними каналами. В зв'язку з тим, що ці методи використовують обмежену частину енергії на інтервалі тривалості сигналу, а також потребують широкої смуги частот у каналі зв'язку, ефективність їх недостатньо висока.

Потенціальні методи маніпуляції характеризуються підвищеною енергією сигналів, що передаються. Вони бувають двох типів: без самосинхронізації (потребують додаткового каналу синхронізації) і з самосинхронізацією (рис.1)[1,2].

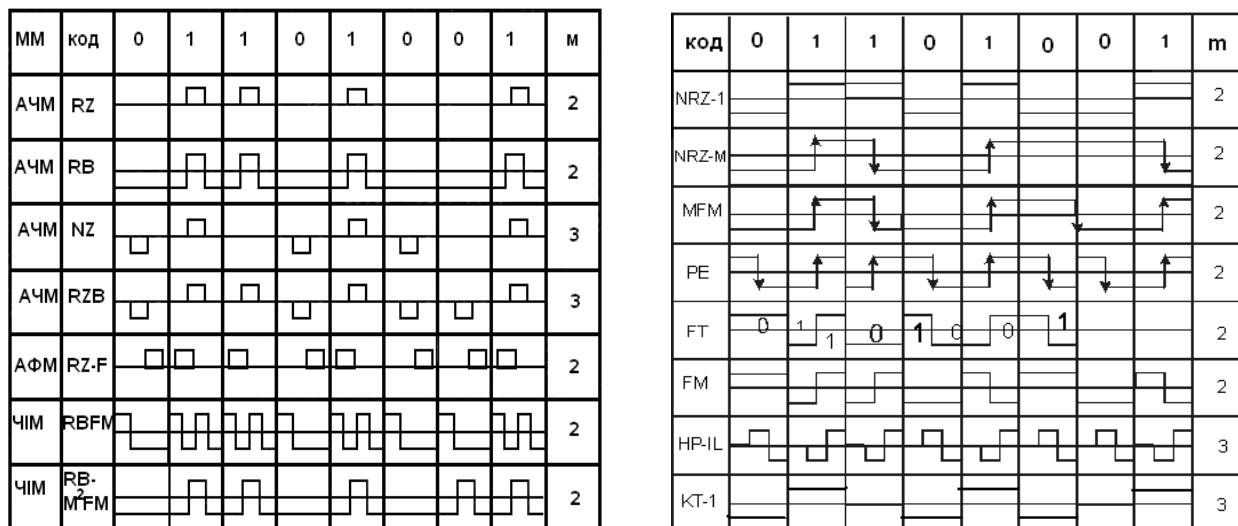


Рис. 1. Методи одновимірної імпульсної та потенціальної маніпуляції

Недоліком всіх представлених одновимірних методів маніпуляції є широкий спектр сигналів, а також неефективне використання сигнального вікна, що приводить до зниження швидкості передавання інформації і зменшення дальності передавання повідомлень.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики різних методів потенційних методів маніпуляції

Метод маніпуляції	Переваги	Недоліки
1	2	3
NRZ – 1	забезпечує максимальну енергію сигналів, але відсутня бітова синхронізація	дрейф нуля в лінії зв'язку
NRZ – M	забезпечує синхронізацію сигналів "1"	
MFM	забезпечує фронтом наростанням або наростання нулів і передачу потенціалу	синхронізація бітів фронтами наростання та спаду сигналу з фазовою маніпуляцією

1	2	3
PE	нуль передається фронтом спаду, а одиничка фронтом наростання	неефективна бітова синхронізація
FT	висока завадозахищеність і самосинхронізація	зміна швидкості передавання даних, дрейф нуля
HP – IL	характеризується самосинхронізацією, відсутністю дрейфу нуля	низька швидкість передачі даних при заданій смузі частот каналу зв'язку
KT – 1	максимальна швидкість передачі сигналів і самосинхронізація	дрейф нуля. Для ліквідації дрейфу сигнали "0", "1" і сигнал "повторення" передаються трьома частотами.

Загальним недоліком проаналізованих методів маніпуляції є широкий спектр сигналів, через що знижується швидкість передавання інформації і підвищується рівень завад між каналом зв'язку.

Ефективність методу маніпуляції сигналу також залежить від реалізації блокової синхронізації.

При цьому аналіз ефективності методу маніпуляції сигналів з врахуванням блокової синхронізації можна вирахувати за виразом: $K_e = (n+m)/n$,

де n – число біт-інформаційної кодової послідовності, m – число біт коду блокової синхронізації.

Серед методів маніпуляції найбільш широко використовується манчестерський код, (рис. 2) [2].

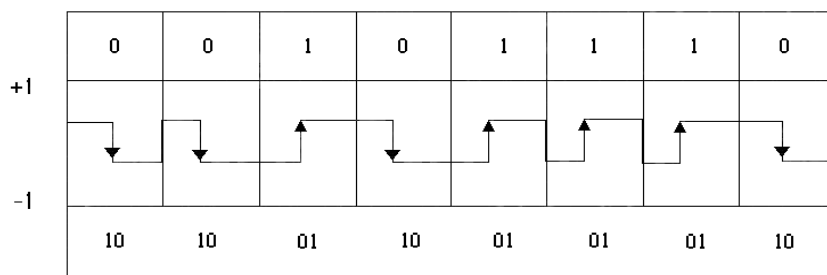


Рис. 2. Кодування сигналу на основі манчестерського коду

Існують інші методи маніпуляції, коли ці коди використовують для повторення нулів і одиниць, що підвищує ефективність передавання інформації (рис. 3).

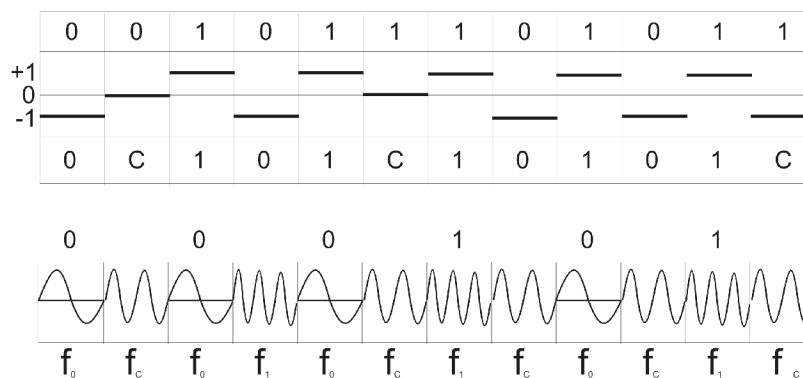


Рис. 3. Метод кодування KT-1:

C – синхронізація, f_0 – частота передавання нулів,
 f_1 – одиниць, f_{0c} – синхронізації

Мета і задачі дослідження

Коди поля Галуа за загальною класифікацією належать до підкласу циклічних блокових кодів, які володіють всіма основними властивостями завадозахищених кодів. У блокових кодах

послідовність елементарних повідомлень розбивають на блоки символів ($B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$) фіксованої довжини K , кожному з яких відповідає певна комбінація символів кодового слова ($b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$). Циклічні коди належать до класу систематичних кодів [4,6,7].

Важливою перевагою кодової послідовності Галуа (КПГ) є їх проста генерація на основі рекурентного рівняння. Найпростіші ключі кодів Галуа описуються виразом: $G_{i+1} = G_i \oplus G_{i-(n-1)}$, де n – довжина кодона, \oplus – операція додавання “по модулю два”

При $n=4$ отримуємо код:

$$1111.0101.1001.0000^*$$

Рис. 4. Формування коду Галуа при $n=4$

* - біт-стаффінг.

Коди поля Галуа належать до класу рекурентних кодів, які широко використовуються для захисту інформації від несанкціонованого доступу.

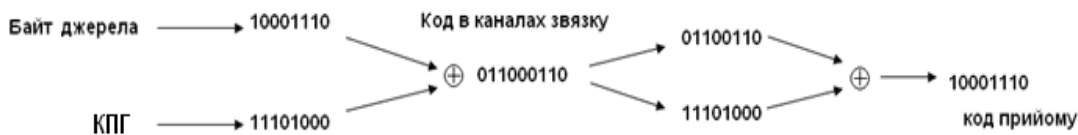


Рис. 5. Передавання байта даних на основі кодової послідовності Галуа

Формування безнадлишкового сигнального коду ґрунтується на принципі створення коду з можливістю виявлення та виправлення помилок і який не призводить до збільшення числа сигналів при передаванні біт-орієнтованих потоків даних.

Суть методів безнадлишкового сигнального кодування з можливістю виявлення та виправлення помилок полягає в тому, що при формуванні такого класу кодів використовується до п’яти сигнальних ознак наступного типу: фронт наростання $\underline{\uparrow}$ (\wedge); фронт спаду $\overline{\downarrow}$ (\vee); додатній потенціал —| (+); від’ємний потенціал —| (-); нульовий потенціал —| (S) [3].

Встановлено наступні можливі способи формування такого класу кодів [3]:

- позиційно-сигнальний код (ПСК);
- несиметричний рекурентний сигнальний код (НРСК);
- рекурентний симетричний сигнальний код (РССК);
- квазі символний сигнальний код (КССК).

Виділення проблеми. Постановка задачі

Позиційно-сигнальний код (ПСК)

Введемо систему представлення сигнальних та кодових ПСК:

$$G_0^1 \Rightarrow \text{“+”}; G_0^0 \Rightarrow \text{“-”}; G_1^1 \Rightarrow \text{“}\wedge\text{”}; G_1^0 \Rightarrow \text{“}\vee\text{”}.$$

Біт “нуль”, який на сигнальному рівні кодується в Галуа одиницею, представляється сигналом +1 і відповідним символом + у кодовому вигляді. Біт “нуль”, який кодується в Галуа нулем, на сигнальному рівні, представлено потенціалом -1, а в кодовому вигляді відповідним символом “-”. Біт “1”, яка кодується в Галуа одиницею, представляється фронтом наростання на сигнальному рівні, або символом \wedge . Біт “1”, яка кодується в Галуа символом нуль, представляється фронтом спаду на сигнальному рівні, або символом \vee в кодовому вигляді.

На рис. 6 наведено символіку розрядно-позиційного сигнального коду Галуа, для півбайтових потоків даних, що відповідає потоку чисел або цифр.

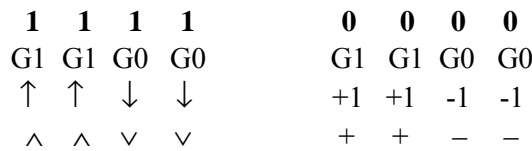


Рис. 6. Представлення сигнальних ПСК

Фактично при переході від двійкового коду до ПСК на сигнальному рівні формується чотвірковий код, який має об'єм $N = 4^4 = 256$ комбінацій, з яких при передаванні даних використовують $2^4 = 16$ комбінацій. Тобто сигнальна надлишковість запропонованого методу на основі ПСК у випадку, коли однократні помилки не призводять до формування дозволених комбінацій, дорівнюватиме 1/16.

Розглянемо приклад можливості виявлення помилок при формуванні ПСК даних довільної довжини $N = 2^k$, $k = 2, 3, \dots$ при використанні кодів Галуа типу $G_2^2, G_2^3, G_2^4, \dots, G_2^k$.

- $G_2^2 = 1100\dots$
- $G_2^3 = 11101000\dots$
- $G_2^4 = 1111010110010000\dots$

	start	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	d14	d15	d16	d17	d18	d19	d20	d21	d22	d23	d24	stop
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	
G_2^2	$\overset{2+1}{\text{---}}$	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	...	+++
G_2^3	$\overset{3+1}{\text{---}}$	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	...	++++
G_2^4	$\overset{4+1}{\text{---}}$	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	...	+++++
G_2^k	$\overset{k+10}{\text{---}}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+	+	...	+++++
		1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	...	
G_2^2	$\overset{2+1}{\text{---}}$	∧	∧	∨	∨	∧	∧	∨	∨	+	∧	-	∨	+	+	∨	∨	∧	+	-	-	∧	∧	∨	...	+++
G_2^3	$\overset{3+1}{\text{---}}$	∧	∧	∧	∨	∧	∨	∨	∨	+	∧	+	∨	+	-	∨	∨	∧	+	+	-	∧	∨	∨	...	++++
G_2^4	$\overset{4+1}{\text{---}}$	∧	∧	∧	∧	∨	∧	∨	∧	+	-	-	∧	-	-	∨	∨	∧	+	+	+	∨	∧	∨	...	+++++
G_2^k	$\overset{k+10}{\text{---}}$	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	+	∧	-	∧	-	+	∨	∧	∨	+	-	+	∧	∨	∨	...	+++++
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	...	
G_2^2	$\overset{2+1}{\text{---}}$	∧	∧	∨	∨	∧	∧	∨	∨	∧	∧	∨	∨	∧	∧	∨	∨	∧	∧	∨	∨	∧	∧	∨	...	+++
G_2^3	$\overset{3+1}{\text{---}}$	∧	∧	∧	∨	∧	∨	∨	∨	∧	∧	∧	∨	∧	∨	∨	∨	∧	∧	∧	∨	∧	∨	∨	...	++++
G_2^4	$\overset{4+1}{\text{---}}$	∧	∧	∧	∧	∨	∧	∨	∧	∧	∨	∨	∧	∨	∨	∨	∨	∧	∧	∧	∧	∨	∧	∨	...	+++++
G_2^k	$\overset{k+10}{\text{---}}$	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∨	∧	∧	∨	∨	...	+++++

Рис. 7. Формування ПСК коду при різних кодових комбінаціях довжини даних

На рис. 7 показано приклади невиявлених помилок в ПСК при різних модулюючих кодах Галуа: G_2^3, G_2^4 , з якої видно, що число невиявлених помилок також становить 25 %.

Отже, при формуванні інформаційних повідомлень на основі ПСК незалежно від довжини об'єму масиву даних та різних модулюючих кодів Галуа ймовірність виявлення помилок постійна і число невиявлених помилок становить 25 %. Позитивною характеристикою ПСК є можливість виявлення та в окремих випадках виправлення помилок типу “стирання” та “вставок” бітів, які можуть виникати під впливом мультиплікативних завад. Функціональним обмеженням є відсутність можливості визначення числа нулів та одиниць у блоці даних.

Несиметричний рекурентний сигнальний код (НРСК)

Запропонований автором принцип формування НРСК полягає в тому, що послідовність нулів, які передаються в пакеті даних, нумеруються рекурентним кодом Галуа G_2^k . Причому біт Галуа “1”

передається фронтом спаду, тобто маніпуляцій ним сигналом “10”, а нулі бітів Галуа передаються сигналом “00”. Для передавання одиниць використовують фронт наростання. У результаті такого способу формування сигналів виникає можливість виявлення помилки при передаванні даних (рис. 8).

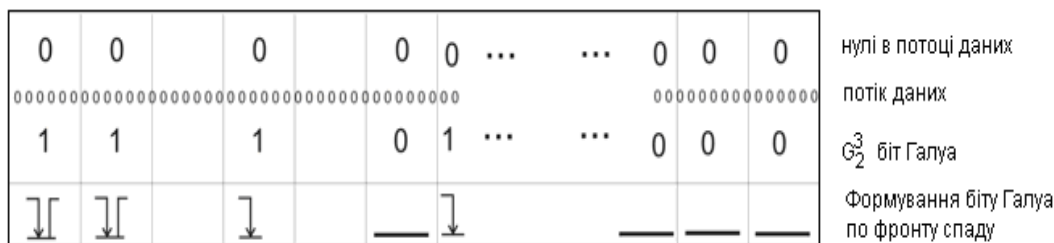


Рис. 8. Метод формування нулів G_2^3 у потоці даних

Запропонований принцип сигнального кодування даних у базисі Галуа, як видно з рисунка, характеризується функціональним обмеженням, який полягає в тому, що при повторенні нулів і їх кодуванні в базисі Галуа потенціальними сигналами “-1” відсутня бітова синхронізація. Тому для реалізації ефективної бітової синхронізації запропоновано модифікацію НРСК на основі використання зміни потенціалу “-1” на потенціал “+1” при однократному повторенні Галуа кодованих послідовностей нулів і кодуванню одиниць Галуа фронтом спаду.

На рис. 9 наведено приклад модифікованого методу безнадлишкового сигнального кодування з бітовою синхронізацією інформації в базисі Галуа, на основі НРСК кодів, який характеризується ефективною блоковою і бітовою синхронізацією, а також можливістю виявлення та виправлення помилок типу зміни значення біта на протилежний, а також стирань та вставок бітів внаслідок кодових завад.

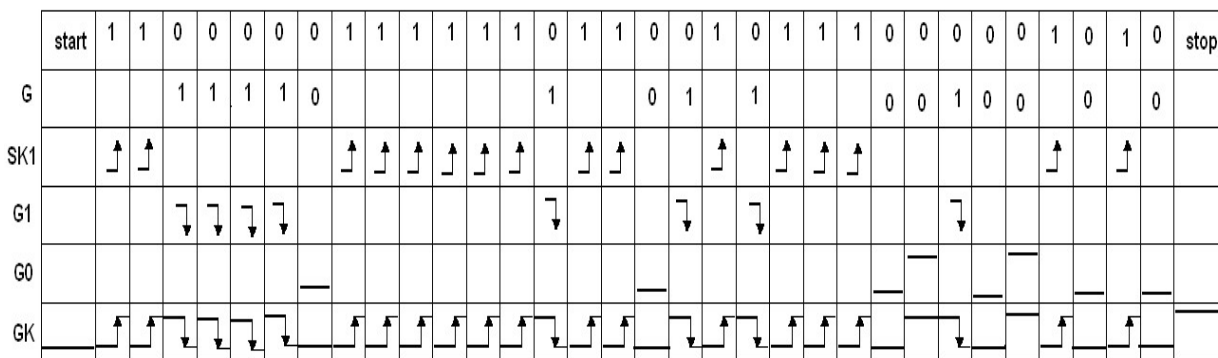


Рис. 9. Метод безнадлишкового кодування 4 байтів даних у базисі Галуа на основі НРСК кодів з бітовою синхронізацією

Рекурентний симетричний сигнальний код (РССК)

Функціональними обмеженнями НРСК є відсутність визначення числа нулів у блоці даних у тому випадку, коли довжина модуляційного коду Галуа менша від довжини коду даних.

Другою модифікацією НРСК є використання коду Галуа для одночасного симетричного сигнального формування нулів і одиниць потоку даних, причому об’єм коду Галуа відповідає об’єму даних, що передаються (РССК).

На рис. 10 показано приклади формування сигналів цієї модифікації РССК, при $N=24$, де сигнали +1 та -1 нульових позицій коду Галуа формуються так, щоб виключити повторення плюсів і мінусів та забезпечити символну синхронізацію.

		d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	d14	d15	d16
	Д	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	G_2^4	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	SK	↘	↘	↘	↘	—	↘	—	↘	↘	—	↘	—	—	—	—	—
	CK	∨	∨	∨	∨	+	∨	+	∨	∨	+	∨	+	+	+	+	+
2	Д	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1
	G_2^4	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	SK1	↗	↗	↗	↗							↗				↗	↗
	SK0					↘	↘	↘	↘		—			↘	—		
CK	∧	∧	∧	∧	∨	∨	∨	∨	—	+	∧	—	∨	+	∧	∧	
3	Д	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G_2^4	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	SK	↗	↗	↗	↗	—	↗	—	↗	↗	—	↗	—	—	—	—	—
	CK	∧	∧	∧	∧	—	∧	—	∧	∧	—	∧	—	—	—	—	—

Рис. 10. Формування сигналів модифікованим РРСК, при $N=2.4$

SK і CK – відповідно сигналні і символні коди.

З рис.10. видно, що в блоці даних об'ємом $N=24$ завершення послідовності нулів відповідає коду Галуа 1010 і завершується символами $\vee+$ $\vee+$, тобто $N=7$, згідно із G_{24} . А завершення послідовності одиниць в кодї Галуа відповідає символам $\wedge-$ $\wedge-$, тобто коду Галуа 1011, $N=9$.

Недоліком цього способу формування сигналного коду є недостатньо ефективна символна (бітова) синхронізація при повторенні потенціальних сигналів +1 або -1.

Отже, РССК забезпечує ефективне симетричне кодування у вигляді кодів Галуа послідовності нулів і одиниць блоку даних з однозначним визначенням їх числа $N_0 + N_1 = N$, яке може бути використане для виявлення та виправлення помилок після передавання даних у комп'ютерних системах.

Метод формування безнадлишкового квазісимвольного сигналного коду (КССК)

Якщо розглянути сигналне вікно маніпуляції двійкової інформації для ансамблів амплітудних, імпульсних, частотних, фазових та кодових сигналів $2k+1$, $k=2$, то можна визначити п'ять ознак маніпуляції такого виду (рис. 11).

		ОЗНАКИ МАНІПУЛЯЦІЇ СИГНАЛІВ				
		Потенціальні	Імпульсні	Фазові	Частотні	Кодові
∧	+1					
	0					
∨	+1					
	0					
+	+1					
	0					
-	+1					
	0					
S	+1					
	0					
	-1					

Рис. 11. Ознаки маніпуляції ансамблів сигналів

Будь-яку з п'яти ознак можна використати як синхросигнал (S), який використовується при повторенні однієї з інших ознак сигналів, тому дані методи маніпуляції належать до класу квазісигнальних [12].

Такі способи маніпуляції відповідають числу сигнальних ознак $N=2k + 1$, де $k=2$, а $S=0$ потенціал “—”, причому потенціал нуль використовується для запобігання повторенням інших сигналів, що забезпечує якісну символну синхронізацію на основі сигнальних просторів.

На основі приведених способів маніпуляції сигналів можлива відповідна розробка методу квазісимвольного способу формування СК на основі кодів Галуа. Приклад такого формування СК для однокіттових даних показано в табл.2.

Таблиця 2

Квазісимвольний СК з кодом Галуа “1100”

Потенціальні сигнали	Start	x	x	x	x	x	x	x	x	Stop	
	SS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	--
		+	S	–	S	+	S	–	S		
	SS	0	1	0	1	0	1	0	1	--	
		+	^	+	^	–	∨	–	∨		
	SS	0	0	0	0	1	1	1	1	--	
		+	S	–	S	^	S	∨	S		
	SS	0	0	1	1	0	0	1	1	--	
		+	S	^	S	–	S	∨	S		
	SS	0	0	0	1	1	1	0	0	--	
+		S	–	^	S	∨	–	+			
SS	1	1	0	0	0	1	0	1	--		
	^	S	+	S	–	∨	–	∨			
SS	1	0	0	0	0	0	1	1	--		
	^	+	S	–	S	+	^	S			

Отже, для будь-якої довжини біт-орієнтованого блоку даних об’ємом $M=2k$ можна вибрати код Галуа БСК з об’ємом $N=M/2k$, де $k = 0,1,2,\dots,n$.

Наприклад, для байт-орієнтованих блоків даних ($M=23 = 8$ біт) можна вибрати код Галуа 1100 з двобітовим ключем (див. табл.2.20), або код Галуа 1110100 з трибітовим ключем.

Тоді отримаємо такі послідовності симетричного СК, згідно із табл.3, для ансамблю потенціальних сигналів.

Таблиця 3

Симетричний квазісимвольний рекурентний код

	Код Галуа	start	x	x	x	x	x	x	x	x	stop
A	1110100	∨∨∨	0	0	0	0	1	1	1	1	^^^
			+	S	+	–	^	S	^	∨	
B	1110100	∨∨∨	1	0	0	1	1	1	0	1	^^^
			^	+	S	^	^	∨	+	^	
C	1110100	∨∨∨	1	1	1	1	1	1	1	1	^^^
			^	^	^	∨	^	∨	∨	^	

Аналіз отриманих наукових результатів

Виявлення та виправлення помилок на основі запропонованого методу та способів сигнального кодування повідомлень реалізується на приймальному кінці інформаційного каналу шляхом використання рекурентних властивостей кодів поля Галуа, які додатково модулюють біт-орієнтовані дані, що передаються.

У випадку, якщо код “1” в даних прийнято неправильно і замість “1” декодер формує нуль, це означає, що в середині даних міститься дев’ять нулів (водночас код “00” у кінці передачі містить 8 нулів). Тобто при появі будь-якого числа помилок у переданих даних кінцевий код Галуа нулів не відповідатиме числу прийнятих, що дозволяє виявити помилку [10–12].

Розглянемо приклад ідентифікації помилок у масиві даних, що передаються (рис. 12).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Д	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
G(0)	←	1	1	1	1	0				1				0		0					0	←	1	...	
СК(0)		↓	↓	↓		—				↓				—		—						—		↓	
СК(1)	↑	.	.	↑	.	↑	.	↑	↑	↑	.	↑	↑	.	↑	↑	.	↑	↑	↑	↑	.	↑	↑	
*							*			*						*					*				
СК*	∧	∨	∨	∧	∨	∧	◇ ₊	∧	∧	∨ ₊	∨	∧	∧	∨	∧	∧	◇ ₊	∧	∧	∧	∨ ₊	∨	∧	∨	

Рис. 12. Реалізація потоку даних, що кодується НРСК кодом, з виявленням помилок на сигнальному рівні

* - сигнальний синдром помилки.

На рис. 12 приведено приклад виникнення помилок на сигнальному рівні в 7-й та 17-й позиції нулів, а також 10-й та 21-й позиції одиниць.

Як показано в таблиці, помилки, що виникають на сигнальному рівні, при передаванні нулів, промодульованих кодом Галуа, однозначно виявляються, оскільки порушується рекурентність бітів Галуа. Крім того, порушується число фактичних символів нулів відносно їх кількості, представлених кодом Галуа. Тобто $N0^* = 6$, $N0 = 8$, $N0^* < N0$, при будь-якій кількості спотворених помилками нульових бітів Галуа.

При спотворенні помилками на сигнальному рівні бітів даних одиниць, як це показано на рис. 12, можуть виникати такі варіанти декодування сигнального коду:

1) фронтом наростання (∧) символу біта даних одиниці на сигнальному рівні представляється потенціалом “+”, що відповідає поняттю стирання даного біта, і ця помилка однозначно виявляється декодером;

2) фронтом спаду (∨), або потенціалом “-”, що відповідає на рівні декодера Галуа-одиниці або Галуа-нулю, нульових бітів даних. При цьому однозначно порушується рекурентна послідовність бітів Галуа, а фактичне число прийнятих бітів нулів $N_0^* = N_0 + 1$, що приводить до порушення рекурентності бітів Галуа.

Дослідимо можливість виявлення та виправлення помилок в квазісигнальному рекурентному коді.

Приклад потоку даних з позиціями появи помилок показано на рис. 13.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Д	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
G ₁	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
G ₀	←	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
КССК	↑	↑	↑	↑	—	—	—	—	—	↓	—	↑	—	—	↓	↑	—	—	↑	↓	↓	—	—	
КССК	∧	∧	∧	∧	+	S	+	S	-	+	∨	-	∧	+	S	∨	∧	-	S	∧	∨	∨	-	+
*				*			*				*				*						*			
СП*				∨ ₊			∧ ₋				∧ ₊					∧ ₊						∧ ₊		

Рис. 13. Реалізація потоку даних, що кодується КССК з виявленням помилок на сигнальному рівні
СП* - синдром виникнення помилки.

При виникненні помилок на сигнальному рівні і в одиницях потоку даних, можливі два випадки:

1) інвертування Галуа ознаки одиничного біта, що однозначно виявляється рекурентним декодером потоку Галуа-одиниць;

2) заміна сигнальної ознаки одиниць, які представляються фронтом наростання та спаду, і перетворення їх на сигнальні ознаки нулів, які представляються потенціалами “+”, “-” та “S-

нуль“. Це призведе до стирання одиниці у цій позиції, що виявляється рекурентним декодером, та одночасно біт-стафінгом нуля з ознаками Галуа одиниці або нуля чи “S“, що також виправляється рекурентним шляхом на рівні декодера.

Аналогічні сигнальні переходи з однозначним виявленням та виправленням одиничних помилок ідентифікуються на сигнальному рівні, при появі помилок в нульових бітах потоку даних.

Можливість виявлення помилок під час функціонування запропонованих методів кодування інформації в оптичних каналах зв'язку може бути реалізована у двох випадках:

1) виявлення помилок на приймальному кінці каналів зв'язку ґрунтується на біт-орієнтованій нумерації послідовності нулів, які передаються кодовою послідовністю Галуа;

2) якщо помилку виявлено, використовуємо формулу (2.14), де рекурентним шляхом можна перевірити, в якій саме позиції відбулася заміна символу нуля в процесі передавання даних.

Висновки

На основі дослідження існуючих методів маніпуляції та сигнальних просторів запропоновані нові методи безнадлишкового сигнального кодування біт-орієнтованих інформаційних потоків з використанням кодів поля Галуа, які порівняно з існуючими методами дають змогу повніше використати інформацію сигнальних просторів і забезпечують можливість, без введення надлишкової інформації потоків даних, що передаються, виявити та коригувати однократні помилки. Досліджено характеристики захисту даних від помилок на основі запропонованих сигнальних кодів типу позиційно-сигнального, несиметрично-рекурентного та квазісимвольного безнадлишкового кодування, в результаті чого встановлено, що несиметричні сигнальні коди забезпечують виявлення всіх можливих однократних помилок.

Досліджено квазісимвольний коректуючий код на основі біт-орієнтованого симетричного кодування інформаційних нулів та одиниць маніпульованими кодами Галуа, що дозволило реалізувати виправлення однократних та виявлення багатократних помилок.

Запропоновані автором в роботі методи дозволяють реалізувати завадозахищене безнадлишкове кодування даних в комп'ютерних мережах для ефективнішої їх роботи.

1. Николайчук Я.М. Дослідження системних характеристик двомірних кодів з особливими кореляційними властивостями / Я.М. Николайчук, О.М. Заставний // Вісник технологічного університету Поділля, Хмельницький – 2004. – №2. – С. 24–29.
2. Яцків В.В. Оцінка ефективності двомірних методів маніпуляції сигналів з самосинхронізацією. – Івано-Франківськ. – ІФДТУНГ. – 1998.
3. Grynychshyn T. *Methods of Manipulation of Signals in Optical Channels of Communications*. // Матеріали міжнародної конференції TCSET' . – Львів-Славське, 2004. – С. 363–365.
4. Я.М. Николайчук. Теорія джерел інформації. – Тернопіль:ТНЕУ. –2008. – 536 с.
5. Петришин Л.Б. Теоретичні основи перетворення форми та цифрової обробки інформації в базисі Галуа: навч. посібник. – К.: ІЗМН МОУ. – 1997. – 237 с.
7. Петришин Л.Б. Перетворення форми та цифрової обробки інформації в кодових системах базису Галуа. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ МОУ, 1997. – 236 с.
8. Black, U. *The V Series Recommendations: Standards*. New York: McGraw-Hill. – 1995. – 525 p.
9. Столлингс В. *Передача даних*. 4-е изд. – СПб:Питер, 2004. – 750 с.
10. Гринчишин Т.М. Кодування даних в комп'ютерних розподілених системах з відкритим оптичним каналом зв'язку на основі рекурентних GK-кодів // Вісник Технологічного університету Поділля. – Хмельницький. – 2007. –Т1 ч.1, №2. – С. 74–77.
11. Гринчишин Т.М., Піх В.Я. Дослідження методів формування сигналів в комп'ютерних системах з відкритими оптичними каналами // Матеріали міжнародної проблемно-наукової конференції ПНМК, Бучач, 2010. – С. 125–130.
12. Николайчук Я.М. Дослідження ефективності формування та цифрового оброблення сигналів в комп'ютерних системах / Я.М. Николайчук, Т.М. Гринчишин, Н.З. Костюк // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції “Комп'ютерні технології: наука і освіта”. – К.: Університет “Україна”, 2010.– С. 159–164.
13. Гринчишин Т.М. / Організація спеціалізованих компютерних мереж на основі відкритих оптичних каналів. // Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції “Комп'ютерні технології: наука і освіта”. – К.: Університет “Україна”, 2012.– С. 18–22.
14. Гринчишин Т.М. / Розробка бісигнального методу передавання даних з захистом від мультиплікативних завод у відкритому оптичному каналі // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2012. – №1. – С. 145–151.
15. Гринчишин Т. Моделювання процесорів

УДК 004; 004.02;004.35;004.9

В.В. Грицик¹, В.В.Грицик²

¹Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра інформаційних систем та мереж

²Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ

© Грицик В.В., Грицик В.В., 2014

Досліджено можливості застосування вірогіднісного методу для оцінки якості зображення. Робота зорієнтована на застосування підходу при опрацюванні відеопотоків у реальному часі. Метод досліджено на прикладі аналізу зображень.

Ключові слова: оцінка якості відеопотоку, автоматизовані інформаційно-аналітичні системи.

This paper is devoted to the development of the unified method for processing videoinformation in the Information-analytic systems. A practice realization model and generalized typical structure of quality evaluation are shown.

Key words: quality evaluation for video, automatic information, analytic systems.

1. Вступ. Постановка проблеми.

Сьогодні в світі існують стійкі тенденції до спроб замінити людину у всіх процесах діяльності, де це можливо. Комп'ютерна техніка настільки міцно вкоренилась в нашому суспільстві, що сьогодні вже не можна уявити собі жодного виду діяльності, не пов'язаного так чи інакше з комп'ютером [1–7]. Все частіше робляться спроби впровадити автоматизовані системи, які покликані виконувати рутинні роботи замість людини, адже саме під час виконання такого роду роботи людина найчастіше помиляється. На це впливає багато факторів, головним з яких є втрата концентрації, тобто неухважність. Це може призводити до росту числа помилкових рішень, а отже, до спотворення отриманих результатів.

При створенні систем автоматичного розпізнавання [8, 9] відповідної класифікації чи ідентифікації ми не можемо покладатися на певні суб'єктивні оцінки якості зображення, – необхідно здійснити об'єктивну оцінку. Одним із підходів до такої оцінки можна вважати вірогідну оцінку якості використання як інформаційний підхід виходячи із процесу цифрового перетворення і передавання даних зображення, де втрачено інформацію [11–13] за умови, якщо інтенсивність зображення $f(x, y)$ представлена на рецепторному полі $m \times n$ у вигляді пікселів. Розглянемо функцію $f_0(x, y)$, що є цифровим зображенням цього образу у вигляді перетворення та передавання образу. Нижче наведено огляд підходів до оцінки якості зображення [10–13].

Одну із об'єктивних оцінок міри якості обробки зображення у перетвореннях апроксимації та передачі даних зображення можна подати так [10–13].

1. Середнє значення перетворення зображення:

$$m_1 = \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n [f(x, y) - f_0(x, y)]}{m \cdot n}$$

2. Структурний підхід:

$$m_2 = \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n [f(x, y)]^2}{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n [f_0(x, y)]^2}$$