

## ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ВІДКРИТИХ ОПТИЧНИХ КАНАЛІВ

Николайчук Я.М.<sup>1)</sup>, Іванюк Д.В.<sup>2)</sup>, Фаберський С.М.<sup>3)</sup>

*Тернопільський національний економічний університет*

*<sup>1)</sup> д.т.н, професор; <sup>2,3)</sup> студенти*

### Вступ

Комп'ютерні системи з відкритими оптичними каналами зв'язку знайшли широке застосування у світовій практиці при створенні комп'ютерних систем. Сучасні досягнення в галузі оптоелектроніки, побудови комп'ютерних мереж створюють необхідні передумови розвитку та вдосконалення комп'ютерних систем на основі відкритих оптичних каналів зв'язку. Отже теоретичні та експериментальні дослідження оптичних ліній зв'язку є актуальним і перспективним.

### 1. Систематизація архітектур комп'ютерних систем з оптичними каналами

Архітектура сучасних комп'ютерних мереж з відкритими оптичними каналами включає три класи [1]. Міжмережні комунікаційні з'єднання типу «точка-точка». Даний клас оптичних комунікаційних систем передбачає реалізацію найвищих доступних швидкостей передавання даних при обмеженій віддалі. Даний тип мереж використовують для міжмережових зв'язків, характеризуються низькою вартістю. Дальність передавання становить до 1 км, швидкість передавання 100-200 Мб/с.

Другий клас оптичних мереж характеризується кільцевими структурами, в тому числі розгалуженими структурами, маркерного типу, які найчастіше використовуються на низових рівнях КСУ. Дані мережі передбачають швидкість передачі в розмірі до 10 Мбіт/с, та віддалами до 10км. Даний тип мереж характеризується великою віддаллю передавання, низькою вартістю самого каналу зв'язку, складністю несанкціонованого доступу.

Третій клас оптичних мереж, які знаходяться на стадії розробки та експериментальних досліджень базуються на використанні оптичних сканерів. Особливістю таких оптичних мереж є їх мобільність, за рахунок самоюстировки (самонастроювання) оптичних каналів на основі сканерів. Даний клас мереж використовується для реалізації сесійних повідомлень та мобільного зв'язку в умовах інтенсивних електромагнітних завад.

### 2. Аналіз типів завад в КС з оптичними каналами.

На корисний сигнал в оптичному каналі зв'язку впливають завади. В залежності від причини виникнення або типу джерела, завади можна розділити на наступні класи: космічні, атмосферні, промислові, обумовлені особливостями поширення в каналі; навмисні (організовані); внутрішні (теплові шуми пристроїв прийому сигналів). В залежності від способу впливу на корисний сигнал розрізняють адитивні і мультиплікативні завади.

Адитивні завади не створюють значного спотворення корисного сигналу в системах з ВОК, в той же час як мультиплікативні, змінюючи ступінь затухання оптичних сигналів, можуть в значній мірі спотворювати корисний сигнал, що приводить до суттєвого зниження ефективності передавання даних з заданою ймовірністю помилки, а також зменшення дальності передавання.

Вплив інтенсивних мультиплікативних завад найчастіше призводить до виявлення небезпечних помилок в інформаційних повідомленнях, шляхом «вставок» або стирання окремих інформаційних бітів, або їх пакетів. виправлення таких помилок практично не реалізується існуючими коректуючими кодами.

### 3. Коректуючі коди, можливості виявлення помилок

Коди поля Галуа [2] за загальною класифікацією відносяться до підкласу циклічних блокових кодів, які володіють всіма основними властивостями завадозахищених кодів. Дія над циклічними кодами зводиться до дії над відповідними математичними виразами. Коефіцієнти однакових степенів додаються за модулем 2. Дані коди є одними з найбільш досконалою упаковкою інформації.

При передаванні та прийманні інформації на основі сигнальних кодів використовуються маніпульовані сигнали сформовані на основі чотирьох ознак, які поставлені у відповідність до елементів інформаційного повідомлення відповідно до кодів поля Галуа [2]. Приклад сигналу маніпульованого за допомогою сигнальних коректуючих кодів, при якому об'єм коду Галуа відповідає

об'єму даних, наведеного на рис.1, з якого видно, що в блоці об'ємом  $N=24$  завершення послідовності нулів відповідає коду Галуа 1101 і завершується символами  $++-+ \square\square\square\square$ , тобто  $N=6$ , згідно  $G_4^2$ . А завершення послідовності одиниць в кодї Галуа відповідає символам  $\square\square\square\square$ , тобто коду Галуа 0110,  $N=10$ .

Позиції бітів	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	d14	d15	d16
Біти даних	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Біти Галуа $G_4^2(1)$	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Символьний код	$\wedge$	$\wedge$	$\wedge$	$\wedge$	$\vee$	$\wedge$	$\vee$	$\wedge$	$\wedge$	$\vee$	$\wedge$	$\vee$	$\vee$	$\vee$	$\vee$	$\vee$
Сигнальний код	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
Біти даних	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Біти Галуа $G_4^2(0)$	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Символьний код	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-
Сигнальний код	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
Біти даних	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1
Біти Галуа $G_4^2(1)$	1	1		1	1		0	1	0				1	1		0
Біти Галуа $G_4^2(0)$			1			1				1	1	0			1	
Символьний код	$\wedge$	$\wedge$	+	$\wedge$	$\wedge$	+	$\vee$	$\wedge$	$\vee$	+	+	-	$\wedge$	$\wedge$	+	$\vee$
Сигнальний код	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$

Рисунок 1 - Приклад формування сигнального коректуючого коду для інформаційного повідомлення розміром 2 байти

Таким чином забезпечується ефективно симетричне кодування у вигляді кодів Галуа послідовності нулів і одиниць блоку даних з однозначним визначенням їх числа  $N_0+N_1=N$ , яке використовується для виявлення та виправлення помилок після передавання даних.

На рис.2 зображена реалізація потоку даних маніпульованих за допомогою сигнальних коректуючи кодів, з виявленням помилок на сигнальному рівні. В таблиці приведено приклад виникнення помилок на сигнальному рівні в 7-ій та 17-ій позиції нулів, а також 10-ій та 21-ій позиції одиниць.

№ позиції бітів	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	...
Біти даних	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	...
Біти Галуа $G_4^2(1)$	1			1		1		1	0	1		0	1		1	0		0	1	0	0		0		...
Біти Галуа $G_4^2(0)$		1	1		1		1				0			1			0					1		1	...
Сигнальний код	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	...
Помилка *							*			*							*			*		*			...
Сигнальний код з помилкою	$\wedge$	$\vee$	$\vee$	$\wedge$	$\vee$	$\wedge$	$\wedge$	-	$\pm$	$\vee$	+	-	$\wedge$	$\vee$	$\wedge$	-	$\wedge$	$\wedge$	-	-	$\wedge$	$\vee$	$\wedge$	$\vee$	...

Рисунок 2 - Реалізація потоку даних за допомогою сигнальних коректуючи кодів, з виявленням помилок на сигнальному рівні

Як видно з рис. 2, при виникненні помилок на сигнальному рівні в одиницях потоку даних, можливі два випадки: інвертування Галуа ознаки одиничного біта, що однозначно виявляється рекурентним декодером потоку Галуа-одиниць та заміна сигнальної ознаки одиниць, які представляються фронтом наростання та спаду і перетворення їх в сигнальні ознаки нулів, які представляються потенціалами «+» та «-». Крім того такий вид помилок призводить до стирання одиниці в даній позиції, що виявляється рекурентним декодером [3].

### Висновки

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

Виявлення помилок ґрунтується на біт-орієнтованій нумерації послідовності нулів і одиниць, які передаються за допомогою кодових послідовностей Галуа. Якщо помилка виявлена, використовується формула, де рекурентним шляхом перевіряється, в якій саме позиції відбулася заміна символу нуля(одиниці), в процесі передавання даних і даний символ замінюється на правильний [2].

### Список використаних джерел

1. Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації. / Видання друге, виправлене/—Тернопіль:ТзОВ “Терно-граф”, 2010. – 536 с.
2. Я.М. Николайчук, А.Р. Воронич, Т.М. Гринчишин. Теоретичні основи, принципи формування та передавання інформації на основі сигнальних коректуючи кодів//Поступ в науку. Збірник наукових праць Буцацького інституту менеджменту і аудиту. – 2010. –№6.–Т1. – С.41-49
3. Воронич А.Р. спіральні коди поля Галуа та їх коректуючі властивості // Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції "Юриспруденція та проблеми інформаційного суспільства" (ЮПС - 2011) )” Івано-Франківськ, 2011. С.76-78.