



УКРАЇНА

(19) UA (11) 91789 (13) C2
(51) МПК (2009)
H03M 13/00
H04J 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОПИСУ ПРИСТРОЮ КОДУВАННЯ ЗГОРТКОВИХ КОДІВ У ЧАСТОТНІЙ ОБЛАСТІ

1

(21) а200903604
(22) 13.04.2009
(24) 25.08.2010
(46) 25.08.2010, Бюл.№ 16, 2010 р.
(72) ПРИХОДЬКО СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ, ШТОМ-
ПЕЛЬ МИКОЛА АНАТОЛІЙОВИЧ, БОСЬКО ВІК-
ТОР ВАСИЛЬОВИЧ
(73) УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗ-
НИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
(56) Данько Н.И., Евсеев С.П., Кузнецов А.А., По-
ляков П.Ф., Приходько СИ. Алгебраические свер-
точные коды: Учебное пособие. - Харьков: Укр-
ГАЗТ, 2007. - С 99-104
Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирую-
щих ошибки: Пер. с англ. - М.: Мир.- 1986.- С.
406-412.
US 2003/0235149 A1; 25.12.2003
US 7039852 B2; 02.05.2006
US 6598203 B1; 22.07.2003
US 4805174 A; 14.02.1989
US 5570391 A; 29.10.1996

2

US 5610908 A; 11.03.1997
US 2005/0166120 A1; 28.07.2005
SU 1580567 A1; 23.07.1990
SU 1252944 A1; 23.08.1986
SU 1714812 A1; 23.02.1992
(57) Спосіб опису пристрою кодування згорткових кодів, який полягає в тому, що потоки вхідних та вихідних символів представляються у вигляді багаточленів $i(x)$ та $c(x)$, які надходять на вхід кодера, з коефіцієнтами із $GF(p)$, а пристрій кодування згорткових кодів описується як пристрій множення багаточлена $i(x)$ із багаточленом $p(x)$, що породжує код, з коефіцієнтами із кінцевого поля $GF(p^m)$, який **відрізняється** тим, що багаточлени $i(x)$ та $p(x)$ представляють інформаційну послідовність I_j та послідовність P_j , що породжує код, з коефіцієнтами із кінцевого поля $GF(p^m)$, а вихідну послідовність C_j - формують множенням послідовностей I_j та P_j , які отримують за допомогою перетворення Фур'є та теореми про згортку.

Запропонований винахід відноситься до галузі електрозв'язку, зокрема до опису пристрою кодування сигналів, і може бути використаний при розробці пристрою кодування згорткових кодів.

Відомий "Спосіб опису пристрою кодування згорткових кодів за допомогою багаточленів" [1], який полягає у тому, що потік вхідних інформаційних символів представляється у вигляді інформаційного багаточлена $i(x)$ з коефіцієнтами із кінцевого поля $GF(p)$, вихідна послідовність представляється у вигляді багаточлену $c(x)$, з коефіцієнтами із $GF(p)$, а пристрій кодування згорткових кодів описується як пристрій множення інформаційного багаточлену $i(x)$ із багаточленами $p_1(x), p_2(x), \dots, p_m(x)$, що породжують код. Після множення багаточлену $i(x)$ із багаточленами $p_1(x), p_2(x), \dots, p_m(x)$ формуються багаточлени $f_1(x)=i(x) \cdot p_1(x), f_2(x)=i(x) \cdot p_2(x), \dots, f_m(x)=i(x) \cdot p_m(x)$, а за допомогою послідовного запису коефіцієнтів багаточленів $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ формується кодова послідовність у вигляді багаточлену $c(x)$ з коефіціє-

ентами із кінцевого поля $GF(p)$. Оскільки інформаційний багаточлен $i(x)$ у загальному випадку може бути нескінченної довжини, то і кодовий багаточлен $c(x)$ також може бути нескінченним.

Недоліком цього способу є обмеженість інформативності опису пристрою кодування згорткового коду. Він не дає змоги визначити параметри пристрою кодування: довжину інформаційного кадру k^0 , довжину кодового кадру n^0 , швидкість коду $R=k^0/n^0$, конструктивне значення вільної мінімальної відстані d_{∞} та кількість регістрів зсуву, що потрібно використовувати.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є "Спосіб опису пристрою кодування згорткових кодів за допомогою одного багаточлена" [2], який полягає у тому, що потоки вхідних та вихідних символів представляються у вигляді багаточленів $i(x)$ та $c(x)$, з коефіцієнтами із $GF(p)$, а пристрій кодування згорткових кодів описується як пристрій множення багаточлену $i(x)$ із одним багаточленом $p(x)$

(13) C2**(11) 91789****(19) UA**

з коефіцієнтами із кінцевого поля $GF(p^m)$, що породжує код, замість множення на багаточлени $p_1(x), p_2(x), \dots, p_m(x)$. Вихідна послідовність $c(x)$ формується послідовним записом коефіцієнтів багаточлену $f(x)=i(x) \cdot p(x)$. Якщо багаточлен $p(x)$ такий, що породжує циклічний (N, K, D) код над $GF(p^m)$, то даний спосіб-прототип дозволяє описати пристрій згорткового кодування із параметрами: довжина інформаційного кадру $k^0=1$, довжина кодового кадру $n^0=m$, швидкість коду $R=1/m$, вільна мінімальна відстань згорткового коду $d_{\infty} \geq D$. Ступінь r багаточлену $p(x)$ задає довжину регістру зсуву, на якому будується кодер згорткового коду, а вигляд цього багаточлену задає вигляд кодувального пристрою (Фіг.1).

Недоліком способу-прототипу є опис пристрою кодування згорткових кодів у часовій області. Він не дає змоги описати пристрій кодування згорткових кодів у частотній області.

В основу винаходу поставлена задача створити спосіб опису пристрою кодування згорткових кодів, який за рахунок використання перетворення Фур'є до інформаційного багаточлена та багаточлена, що породжує код, описує пристрій кодування у частотній області.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у відомому способі опису пристрою кодування згорткових кодів, який полягає в тому, що потоки вхідних та вихідних символів представляються у вигляді багаточленів $i(x)$ та $c(x)$, з коефіцієнтами із $GF(p)$, а пристрій кодування згорткових кодів описується як пристрій множення багаточле-

ну $i(x)$ із одним багаточленом $p(x)$ з коефіцієнтами із кінцевого поля $GF(p^m)$, що породжує код, додатково використовується перетворення Фур'є до інформаційного багаточлена $i(x)$ та багаточлена $p(x)$, що породжує код. Вихідна послідовність C_j формується множенням інформаційної послідовності I_j на послідовність P_j , що породжує код.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні винаходу полягає у тому, що запропонований спосіб дозволяє описати пристрій кодування згорткового коду у частотній області.

На Фіг.1 приведено пристрій кодування несистематичного згорткового коду, $R=1/m$ у часовій області.

На Фіг.2 приведено пристрій кодування несистематичного згорткового коду, $R=1/m$ у частотній області.

Сутність запропонованого способу опису пристрою кодування згорткових кодів полягає в наступному. Інформаційний багаточлен

$$i(x) = i_0 + i_1x + \dots + i_{k-1}x^{k-1}$$

поступає на вхід кодера, застосуємо до нього перетворення Фур'є, доповнивши нулями до значення $(n-1)$:

$$I_j = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha^{ij} i_i, \quad j = 0, 1, \dots, n-1$$

де α - елемент порядку n в полі $GF(p^m)$.

Багаточлени, що породжують згортковий код, дорівнюють:

$$p_1(x) = p_{1,r-1}x^{r-1} + p_{1,r-2}x^{r-2} + \dots + p_{1,1}x + p_{1,0};$$

$$p_2(x) = p_{2,r-1}x^{r-1} + p_{2,r-2}x^{r-2} + \dots + p_{2,1}x + p_{2,0};$$

...

$$p_m(x) = p_{m,r-1}x^{r-1} + p_{m,r-2}x^{r-2} + \dots + p_{m,1}x + p_{m,0};$$

Застосуємо до них перетворення Фур'є, доповнивши нулями до значення $(n-1)$:

$$P_{1,j} = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha^{ij} p_{1,i}, \quad j = 0, 1, \dots, n-1;$$

$$P_{2,j} = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha^{ij} p_{2,i}, \quad j = 0, 1, \dots, n-1;$$

...

$$P_{m,j} = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha^{ij} p_{m,i}, \quad j = 0, 1, \dots, n-1.$$

Тоді, згідно з теоремою про згортку, у частотній області отримуємо наступні послідовності:

$$F_{1,j} = I_j P_{1,j}, \quad j = 0, 1, \dots, n-1;$$

$$F_{2,j} = I_j P_{2,j}, \quad j = 0, 1, \dots, n-1;$$

...

$$F_{m,j} = I_j P_{m,j}, \quad j = 0, 1, \dots, n-1.$$

Кодовий багаточлен згорткового коду в частотній області представимо наступним чином:

$$C(x) = (F_{1,n-1} F_{2,n-1} F_{m,n-1})x^{n-1} + (F_{1,n-2} F_{2,n-1} F_{m,n-2})x^{n-2} + \dots + (F_{1,0} F_{2,0} F_{m,0}).$$

Запишемо даний кодовий багаточлен у наступному вигляді:

$$C(x) = C_{n-1}x^{n-1} + C_{n-2}x^{n-2} + \dots + C_0.$$

З іншого боку відомо, що багаточлени $p_1(x) \dots p_m(x)$, що породжують згортковий код, можна

представити через один багаточлен $p(x)$, що породжує той самий код:

$$p(x) = p_{r-1}x^{r-1} + p_{r-2}x^{r-2} + \dots + p_1x + p_0.$$

Тоді, доповнивши цей багаточлен нулями до значення $(n-1)$, представимо послідовність, що

породжує код, у частотній області за допомогою перетворення Фур'є у вигляді:

$$P_j = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha^{ij} p_i, \quad j = 0, 1, \dots, n-1$$

Таким чином, пристрій кодування згорткового коду в частотній області описується як пристрій множення інформаційної послідовності на послідовність, що породжує код (Фіг.2):

$$C_j = I_j P_j \quad j = 0, 1, \dots, n-1$$

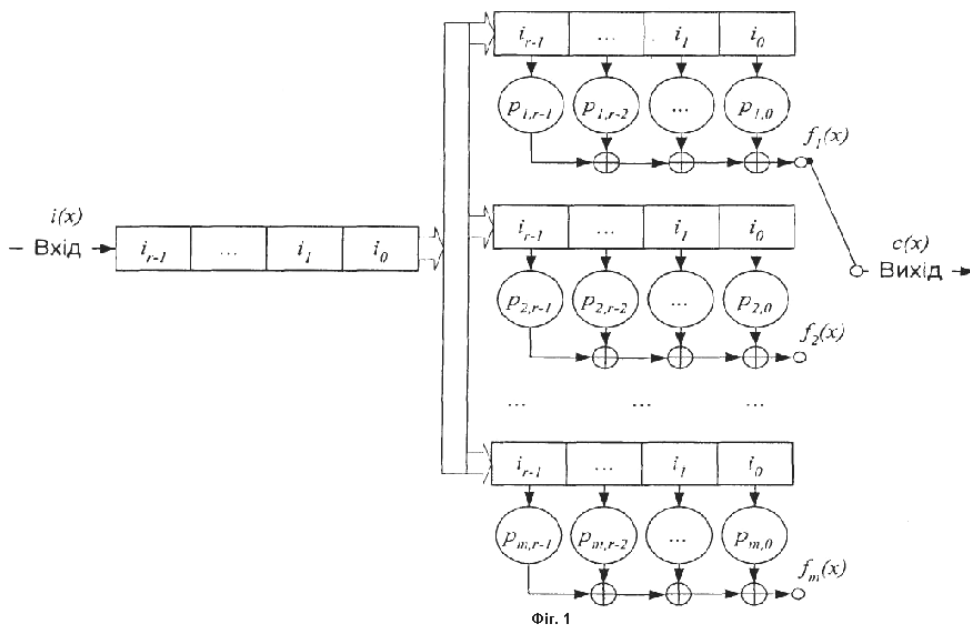
Запропонований спосіб дозволяє описувати пристрій кодування згорткових кодів у частотній області, за рахунок використання перетворення Фур'є до інформаційного багаточлена та багаточ-

лена, що породжує код, та теореми про згортку. Це дає можливість зменшити кількість операцій необхідних для кодування згортковим кодом при використанні на відповідних етапах швидкого перетворення Фур'є.

Джерела інформації:

1. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки: Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - С.406-412.

2. Данько Н.И., Евсеев С.П., Кузнецов А.А., Поляков П.Ф., Приходько С.И. Алгебраические сверточные коды: Учебное пособие. - Харьков: УкрГАЗТ, 2007. - С.99-104 /прототип/.



Фіг. 1

