

КОРЕЛЯЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ДВОМІРНИХ КОДОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

Томчак Р.М., Гайдук І.В.

Тернопільський національний економічний університет, магістри

Вступ

Швидкий розвиток комп'ютерної техніки та створювані на її базі системи автоматизованого керування потребують організації якісного та надійного зв'язку між елементами системи. В багатьох випадках для цього доцільно використовувати безпроводні канали зв'язку. Для організації високошвидкісних ліній зв'язку, як правило, використовують оптичні системи, в той час для організації розподілених комп'ютерних мереж з невеликими швидкостями обміну даних доцільно використовувати радіоканал. Проте в даний час радіоканали є досить насиченими та характеризуються високим рівнем різноманітних завад. Тому для організації зв'язку на базі радіоканалу використовують широкопasmові системи (FHSS, DSSS). В якості шумоподібних сигналів (ШПС) використовуються коди Баркера, М-последовності, кодові последовності Уолша і т.д. Дані последовності та їх властивості є досить добре дослідженими, проте обмежена кількість цих кодів та зростаюча необхідність в підвищенні завадозахищеності і збільшенні кількості ефективних кодових последовностей стимулює пошук нових кодів. Перспективним, як показано в роботі, є дослідження двомірних кодових последовностей, оскільки вони дозволяють підвищити завадозахищеність. Двомірні ШПС мають меншу довжину, ніж одномірні коди з аналогічними властивостями, що при однакових параметрах завадозахищеності дозволяє підвищити швидкість передавання інформації.

I. Системні характеристики одномірних шумоподібних последовностей

При завадостійкому передаванні інформації в широкопasmових системах з кодовим розподіленням каналів, двійкові дані d_t змінюються шумоподібними сигналами. Передавач базуючись на двійкових даних, генерує передавальний прямий сигнал t_{xb} $t_{xb} = d_t \times pn_t$

Ефект заміни d_t на шумоподібний сигнал розширює ширину смуги R_s з d_t до ширини смуги R_c .

В приймачі виконується згортка прийнятого сигналу r_x з приймача ШПС pn_r .

Якщо $pn_r = pn_t$ і синхронізована з ШПС в прийнятих даних це дозволяє відновити двійкові дані з сформованих d_t . Якщо $pn_r \neq pn_t$, то не можна виконати операцію згортки, оскільки сигнал d_t є широкопasmовим. Приймач, не знаючи ШПС передавача, не може відновити дані, що передаються.

Спектр шумоподібного сигналу схожий до білого шуму. Амплітуда та енергія в шумоподібному сигналі t_{xb} є такою ж як і в оригінальному інформаційному сигналі d_t . Завдяки збільшеній ширині смуги енергія спектру має бути нижчою.

В шумоподібних системах фактор розширення вибирається, виходячи з частоти слідування чіпів R_c і частоти символів даних R_s

$$SF = \frac{BW_{ss}}{BW_{inf}} = \frac{R_c}{R_s} = \frac{T_b}{T_c}$$

де BW_{ss} – ширина смуги широкопasmового сигналу, BW_{inf} – ширина смуги інформаційного сигналу, T_b – час передання біта, T_c – час передавання одного чіпа.

При цьому основним критерієм ефективності ШПС заданої довжини є максимальне значення відношення амплітуди головної пелюстки АКФ до максимального вигляду бокової пелюстки.

$$V_m = \frac{\Phi_{ss(0)}}{\Phi_{ss(j)}}$$

де $\Phi_{ss(0)}$ – рівень головної пелюстки АКФ, а $\Phi_{ss(j)}$ – максимальний рівень бокової пелюстки.

Важливим фактором при виборі ШПС сигналів є взаємкореляція, яка описує взаємозв'язок між pn_i та pn_j кодами:

$$Rc(\tau) = \int_{-Nc/2}^{Nc/2} pn_i \times pn_j(t + \tau) dt$$

Взаємкореляція $Rc(\tau)$ це критерій узгодженості між двома різними кодами pn_i та pn_j . В CDMA системах багато користувачів займають певну ширину смуги і одночасно передають дані. При цьому важливим фактором є ортогональність кодів користувачів. Коли коди користувачів

ортогональні, то взаємних завад між користувачами після проведення згортки не виникає, і забезпечується конфіденційність інформації в каналі зв'язку.

Отже, важливими властивостями одномірних кодових послідовностей є : довжина кодової послідовності, співвідношення основного піку до рівня бокових пелюсток в автокореляційній функції та рівень взаємкореляції між ШПС, що використовується в системі.

Проте на практиці, коди, як правило не мають властивостей ортогональності, тому коли досягається максимальна кількість користувачів, що працюють одночасно, взаємкореляція між кодами користувачів знижується (збільшується рівень шумів після проведення згортки). Обмежена кількість кодових послідовностей, їх невисокі кореляційні властивості при малій довжині коду, та зростання популярності ШПС систем вимагають пошуку нових ефективних кодових послідовностей. Перспективним є дослідження двомірних ШПС, які мають кращі кореляційні властивості при невеликій довжині кодової послідовності.

II. Дослідження двомірних кодових послідовностей

Обмежена кількість відомих шумоподібних послідовностей, їх невисокі кореляційні властивості при малій довжині коду, та зростання популярності ШПС, систем вимагають пошуку нових ефективних ШПС. Перспективним є дослідження теоретичних засад та розвиток методів пошуку двомірних ШПС, які мають кращі кореляційні властивості при заданій довжині кодової послідовності.

Для дослідження завадостійкості двомірних ШПС в досліджувану кодову послідовність, для якої розраховувалася взаємкореляційна функція, вводилися одноразові і багаторазові помилки, які полягали в інвертуванні одного або декількох бітів коду. Оскільки досліджувані коди при інвертуванні певних бітів малочутливі до цих змін, то з отриманих результатів вибиралися ті, що призводять до найбільшого зниження ефективності кодової послідовності.

Для прикладу, для порівняння було обрано одну двомірну ШПС (рис. 1,б) та одномірну М-послідовність (рис. 1,а). Результати їх розрахунків подано в табл. 1.

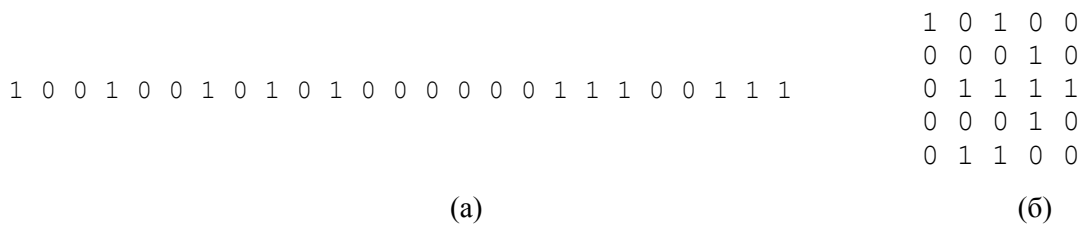


Рисунок 1 - Порівняльні кодові послідовності (а - одномірна М-послідовність, б - двомірна ШПС)

Для двомірної кореляційної обробки ШПС використовувалась наспупна функція:

$$H_{xy}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{sign}(x_i) + \text{sign}(y_{i+j}),$$

де x_i – біт двомірної ШПС, y_i – код еталонної послідовності.

$$\text{sign}(y_{i+j}) = \begin{cases} 1; & y_{i+j} > 0 \\ 0; & y_{i+j} = 0 \\ -1; & y_{i+j} < 0 \end{cases}$$

Таблиця. 1

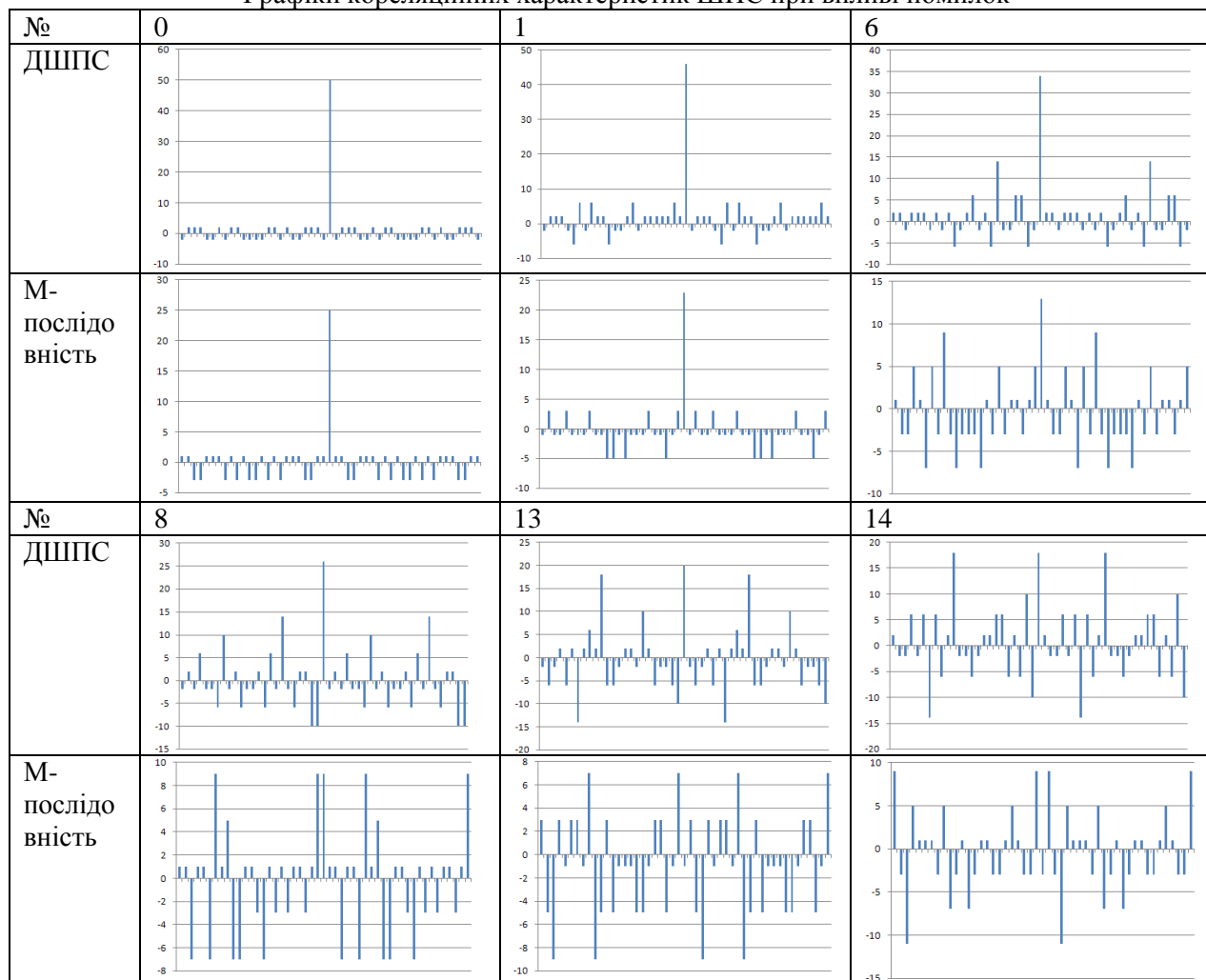
Кореляційні функції ШПС з помилками

Кількість помилок	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Пік двомірної ШПС	50	48	42	38	36	34	34	30	26	26	26	24	22	20	18
Пелюстка двомірної ШПС	2	6	6	10	10	14	14	14	14	16	14	14	16	18	18
Пік М-послідовності	25	23	21	19	17	15	13	11	9	11	9	7	5	7	9
Пелюстка	1	3	5	3	5	7	9	7	9	11	9	7	5	7	9
М-послідовності															

Обмеження числа помилок в досліджуваних кодах визначається до межі втрати кодами особливих кореляційних властивостей, коли величина максимальної бічної пелюстки рівна або перевищує величину головної пелюстки.

Таблиця. 2

Графіки кореляційних характеристик ШПС при впливі помилок



З табл. 1, табл. 2 видно, що при введенні помилок у код ШПС і виконанні взаємкореляційної згортки з еталоном ШПС, двомірні коди характеризуються кращими властивостями по відношенню до одномірних, що показано в табл. 2, де при восьмикратній помилці одномірний код втрачає свої властивості, а двомірний зберігає аж до тринадцяти помилок, при чотирнадцятикратній помилці стає неможливо розрізнити головну і бокову пелюстку.

Висновок

Проведений аналіз характеристик ШПС показує, що перспективним є дослідження двомірних сигналів. Викладені принципи можна ефективно використовувати при організації безпроводного каналу зв'язку на основі ШПС, оскільки двомірні сигнали при однаковій довжині в порівнянні з М-послідовностями мають кращі кореляційні властивості. Більш глибоке дослідження властивостей двомірних ШПС сигналів вимагає відповідного розвитку та розробки теорії даного класу сигналів.

Список використаних джерел

1. Я.М. Николайчук, О.М. Заставний. Дослідження системних характеристик двомірних кодів з особливими кореляційними властивостями // Вісник Технологічного Університету Поділля, Хмельницький. – 2004.- №2.- Т.2.- С. 107-110.
2. В.В. Семенчук, М.М. Хрептик, Д.М. Круть. Аналіз кореляційних характеристик шумоподібних кодових послідовностей // Поступ в науку. Збірник наукових праць Буцацького інституту менеджменту і аудиту. – Бучач. – 2011. - С.153-156.