

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИТНИХ КОДІВ БАРКЕРА, КАСАМІ І ГОЛДА

Максимов В.В., Храповицький І.А.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: maksimov46@ukr.net, hrapovitskiy.igor@gmail.com

RESEARCH OF NEW COMPOSITE CODES OF BARKER, KASAMI AND GOLD

Modeling in the MatLab software package showed greater noise immunity of new composite codes as clock signals compared to Kasami and Gold codes.

Широкопasmові сигнали (ШПС) знаходять застосування в сучасних багатоканальних системах зв'язку з кодовим поділом каналів (CDMA, WCDMA), в системах бездротового зв'язку сімейства 802.11 з технологією розширення спектра методом прямої послідовності (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS), в сучасних радіолокаційних системах. З усіх ШПС найкращими кореляційними характеристиками володіють, відкриті в 1953 році, послідовності Баркера [1]. Основний викид АКФ у них дорівнює числу розрядів результуючої послідовності N , а максимальний бічний викид в позитивну область має значення близькі до 1. В [2,3] описані 12 послідовностей з довжиною N , рівній 14 (14a, 14b), 21 (21a, 21b), 22 (22a, 22b), 33 (33a, 33b), 49, 77 (77a, 77b), 121, і перевищенням головного піку АКФ над позитивними бічними, рівним N . В [4] отримано 4 пари нових композитних послідовностей Баркера, а в [5] ще 28 нових пар, які мають ту ж саму АКФ, що і послідовності з [2,3]. В [6] досліджена можливість використання нових композитних послідовностей Баркера в якості синхросигналів і показана їх ефективність в порівнянні з послідовностями з [2,3].

Метою даної роботи є порівняння ефективності використання нових композитних послідовностей Баркера, послідовностей Касамі і Голда в якості імпульсів синхронізації ШПС.

Моделювання режиму прийому ШПС. Для моделювання використано програму MATLAB R2015B. Схема моделі складається з таких основних функціональних вузлів: формувача пакетів ШПС, генератора "білого" гаусовського шуму (AWGN), узгодженого цифрового фільтра та схеми управління рівнем порога обмеження та детектор помилок.

Формувач включає генератор ШПС, який можна переналаштовувати на композитні коди Баркера (рис.1,2), послідовності Касамі (рис.3) і послідовності Голда (рис.4). Сформовані ШПС передаються пакетами зі шпаруватістю 0,5 на узгоджений фільтр, який переналаштовується та виділяє АКФ ШПС

Порівняння проводилося за критерієм відсотка втрат пікового значення АКФ при компенсації рівня шумів різних значень SNR (dB) (Signal-to-Noise Ratio). Ефективність різних видів ШПС оцінювалася за критерієм втрати піку АКФ синхроімпульсу

де L_0 - рівень порога при безпомилковому прийомі (табл.1), A – амплітуда імпульсу синхронізації, що дорівнює довжині коду.

$$\Delta P(\%) = P_{\text{Bar/Kas/Gold}}(\%) - P(\%), \quad (2)$$

Рис. 1. Нова композитна послідовність
Баркера 49 (7x7), (D7xA7: C7xB7)

Рис. 2. Нова композитна послідовність Баркера 77а (7x11), (C11 x B7; D11 x A7)

Parameters

Generator polynomial: $z^6 + z + 1$

Initial states: $[0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1]$

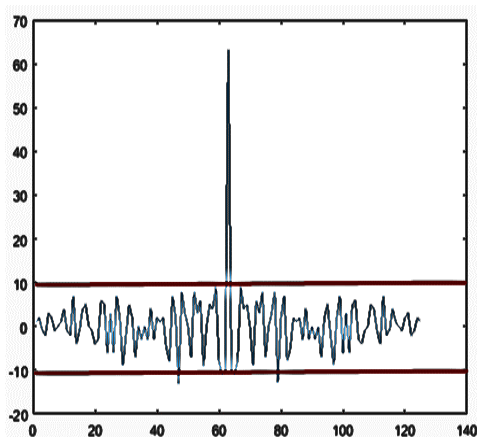
Sequence index(es): 0

Shift: 0

☐ Output variable-size signals

Sample time: 1

Samples per frame: 1



```

-1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1
1 1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 -
1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -
1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 1 -
1 -1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1

```

Рис. 3. Послідовність
Касамі 63

Parameters

Preferred polynomial (1): $z^6 + z + 1$

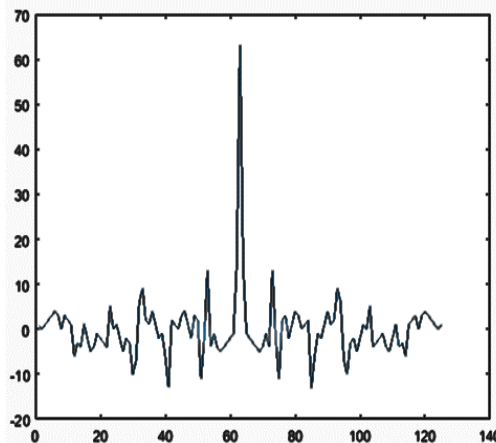
Initial states (1): [0 0 0 0 0 1]

Preferred polynomial (2): $z^6 + z^5 + z^2 + z + 1$

Initial states (2): [0 0 0 0 0 1]

Sequence index: 0

Shift: 0



-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 1 -1
 -1 -1 1 1 1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 1 -
 1 -1 -1 -1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 -1 -
 1 1 -1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 1 -1 -1
 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1

Рис. 4. Послідовність Голда 63.

Тестування проводилося в режимі «без поділу трактів» для нових композитних кодів 77а (11х7 і 49(7х7), послідовностей Касамі 63 (утворюючий поліном $z^6 + z + 1$, початковий стан регістрів за замовчуванням 000001) послідовностей Голда 63 (перший утворюючий поліном $z^6 + z + 1$ (початковий стан регістрів за замовчуванням 000001), другий утворюючий поліном $z^6 + z^5 + z^2 + z + 1$ (початковий стан регістрів за замовчуванням 000001)).

Сформовані послідовності надходили на узгоджений приймальний фільтр з інтервалом в 1 такт (часові діаграми послідовностей при відсутності шумів наведені на рис. 6, 7, 8, 9). Час оцінювання 300 тактів. Результати моделювання наведені в табл. 1 і на рис. 10.

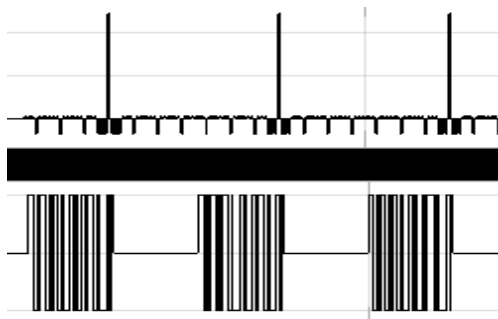


Рис. 6. Часова діаграма Баркер 49

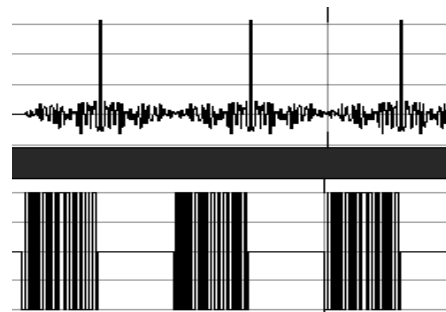


Рис. 7. Часова діаграма Касамі 63

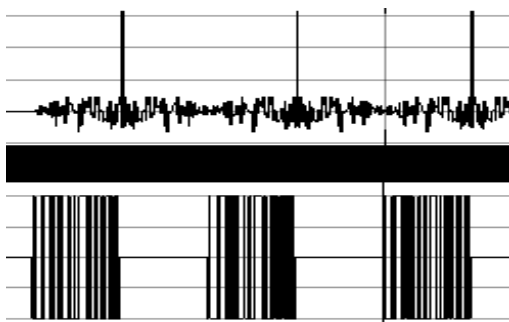


Рис. 8. Часова діаграма Голда 63

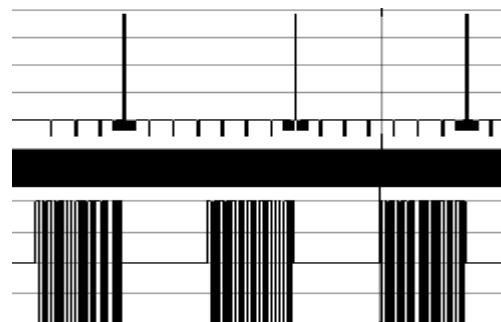


Рис. 9. Часова діаграма Баркер 77

Таблиця 1. Результати моделювання.

SNR dB	Bar-49	Kas63-1	Gold63-1	Bar-77
30	95,92%	84,13%	76,19%	96,75%
20	92,86%	81,75%	73,81%	94,16%
10	82,65%	74,60%	67,46%	85,71%
5	71,43%	65,87%	60,32%	76,62%
4	68,37%	64,29%	58,73%	74,03%
3	64,29%	61,90%	56,35%	70,78%
2	60,20%	57,94%	53,97%	68,18%
1	56,12%	54,76%	50,00%	64,29%
0	50,00%	50,00%	46,83%	60,39%

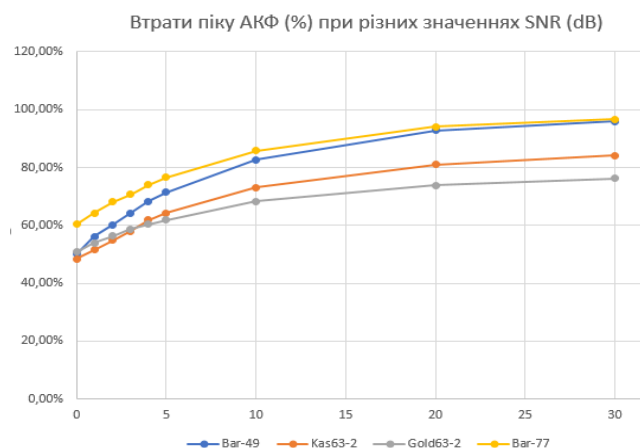


Рис. 10. Втрати піку АКФ (%) при різних значеннях SNR (dB)

Для визначення ефективності використання нових композитних кодів Баркера в якості синхроімпульсів необхідно було, з одного боку, порівняти їх з послідовностями Касамі і Голда, а з іншого, в якості інформаційних сигналів вибрати такі, які створювали б для них найбільший рівень завад.

Моделювання в середовищі MatLab показало, що нові композитні послідовності Баркера 49 і 77 більш стійкі до завад в порівнянні з Касами-63 і Голд-63. Це можна пояснити меншим позитивним бічним викидом АКФ композитних послідовностей (+1). У Касамі-63 та Голд-63 позитивні викиди АКФ складають відповідно +9,5 та +14,5. З цієї ж причини Касамі-63 більш завадостійка послідовність, ніж Голд-63.

Література

1. Barker, R. H. "Group Synchronizing of Binary Digital Sequences". Communication Theory. London: Butterworth. pp. 273–287.
2. Волинская А.В. Результаты математического моделирования процесса поиска кодовых последовательностей с заданными корреляционными свойствами // Вестник УрГУПС: Науч.-техн. журнал. – Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – № 3–4. – С. 64–71.
3. Волинская А.В., Калинин П.М. Новые помехоустойчивые сигналы для интеллектуального канала телемеханики // Fundamental Research №11, 2012. – С.922-926.
4. Maksymov V., Khrapovitsky I. Research of composite Barker codes // The scientific heritage, № 48 (2020), P.1, p.p. 15-22.
5. Максимов В.В., Храповицкий И.А. Нові композитні коди Баркера // The scientific heritage, № 49 (2020), P.1, с.с. 29 – 35;
6. Volodymyr Maksimov, Ihor Khrapovitsky New composite Barker codes in the synchronization system of broadband signals // Information and Telecommunication Sciences, 2020, Number 2, p.p. 24-30.