

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАВАДОСТІЙКОСТІ СИСТЕМ ДОСТУПУ НА БАЗІ LTE

Досліджено використання багатопозиційних сигналів з фазорізницевою модуляцією високої кратності та високих порядків. Це важливо для сучасних систем доступу на базі LTE, які вимагають здійснення великих швидкостей передачі інформації.

The usage of multiposition signals with phasedifference modulation of high multipleness and high orders have been investigated. This is important for the modern systems of access on the base of LTE, that require realization of high speeds of information transfer.

1. ВСТУП

Питання теорії побудови інфокомунікаційних мереж майбутнього – FN набули значного інтересу. Системний аналіз принципів їх побудови дає підставу стверджувати, що це будуть багатомірні мережі. Відомо, що багатомірність розглядається як конструктивний принцип, є способом об'єднання розрізнених сутностей в єдине ціле та, відповідно, багатомірні мережі майбутнього не обов'язково повинні мати чітко виражений розподіл на мережі транспорту, доступу і мережі підтримки та сервісу.

Тому в інфокомунікаційних мережах майбутнього FN стане можливим за рахунок використання багатомірної структури мережі та багатоядерних обчислювальних засобів в її вузлах забезпечувати обмін інформацією і надавати різноманітні послуги користувачам по майже примітивній на перший погляд схемі: Користувачі – Багатомірна мережа – Користувачі.

При такому підході доступ, транспорт, сервіс, підтримка (синхронізація, сигналізація і т. д.) – це внутрішня справа інтегрованої мережі FN, багатомірна архітектура якої в принципі надає можливість спільного рішення задач, що покладені на складові мережі.

Можна передбачити, що для складної мережі FN найпростіше рішення, при якому мережі доступу, транспорту та різні мережі підтримки знаходяться в своїх власних, тільки для них відведених вимірах не буде найбільш ефективним рішенням.

¹⁹ Воєнно-дипломатична академія Міноборони України

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Одним з таких ефективних рішень на сьогодні є організація мережі доступу на базі LTE. Для цієї технології характерно підвищення швидкості передачі інформації порівняно з WiMAX за рахунок збільшення кратності модуляції і застосування 64QAM (Quadrature Amplitude Modulation). В статті пропонується дослідження порівняльних характеристик завадостійкості багатопозиційних сигналів з амплітудно-фазорізницевою модуляцією високих порядків. Саме застосування цього виду модуляції дозволить забезпечити системі властивість інваріантності до стрибків фази та частоти.

В сучасних системах передачі інформації використовуються різноманітні ансамблі дискретних сигналів [2].

Розглянемо ансамбль, який містить M сигналів: $S_1(t), S_2(t), \dots, S_M(t)$.

В відповідності з повідомленнями, що передаються через інтервал часу T йде посліжка того чи іншого сигналу. Для визначення сигналів будемо використовувати наступні характеристики:

Енергію сигналу:

$$E_i = \int_0^T S_i^2(t) dt.$$

Взаємну енергію сигналів $S_i(t)$ та $S_j(t)$

$$E_{ij} = \int_0^T S_i(t) S_j(t) dt,$$

енергію різниці між сигналами $S_i(t)$ та $S_j(t)$

$$E_{i-j} = \int_0^T [S_i(t) - S_j(t)]^2 dt = E_i + E_j - 2E_{ij},$$

коефіцієнт взаємної кореляції:

$$\rho_{ij} = \frac{E_{ij}}{\sqrt{E_i E_j}}.$$

Відповідно до теорії потенційної завадостійкості мінімум ймовірності помилки відображення сигналу на виході приймача P_0 для рівноймовірних сигналів забезпечується оптимальним приймачем, алгоритм роботи якого має вигляд:

$$\int_0^T [X(t) - S_i(t)]^2 dt < \int_0^T [X(t) - S_j(t)]^2 dt, i, j = 1, \dots, M; i \neq j.$$

При виконанні цієї нерівності приймач виносить рішення про передачу сигналу $S_i(t)$. Приймач містить M каналів, в кожному з яких

розраховується квадрат відстані $\|X - S_i\|^2 = \int_0^T [X - S_i(t)]^2 dt, i = 1, \dots, M$, та

пристрій де проходить порівняння відстаней та приймається рішення щодо сигналу, який надсилаємо Для сигналів з однаковими енергіями алгоритм можливо представити:

$$\int_0^T X(t)S_i(t)dt < \int_0^T X(t)S_j(t)dt.$$

В загальному випадку алгоритм має вид:

$$Y_i > Y_j, i = 1, \dots, M, j = 1, \dots, M; i \neq j.$$

Наведені Y_i, Y_j – результати обробки сигналів та завад в каналах приймача. Рішення щодо сигналу, який надсилаємо виноситься по виходу каналу, в якому Y має найбільшу величину.

Якщо надісланий сигнал S_i , то ймовірністю правильного прийому є ймовірність одночасного виконання $M-1$ нерівностей, або

$$P_{\text{пп}}(S_i) = P\{Y_i > Y_1, \dots, Y_i > Y_{i-1}, Y_i > Y_{i+1}, \dots, Y_i > Y_M\}.$$

Ймовірність помилки в відображенні сигналу S_i на виході приймача:

$$P_0(S_i) = 1 - P_{\text{пп}}(S_i).$$

При великому відношенні сигнал/шум розрахунок імовірності помилки в багатопозиційній системі можливо оцінити сумарною ймовірністю помилки, що створюється сигналом S_i та кожному з $(M-1)$ інших сигналів:

$$P_0(S_i) \leq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N P_{0ij}.$$

При $M > 8$, P_0 визначається:

$$P_0 = \frac{1}{2M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[1 - \Phi\left(a_{ij} \sqrt{\frac{2E\delta}{N_0}}\right) \right].$$

Якщо розглянути ансамблі двовірних сигналів, то в загальному випадку завадостійкість залежить як від виду сигналів, що передаються так від способу прийому. При оптимальному прийомі реалізується потенційна завадостійкість. Тому подальша оптимізація системи передачі повинна проводитись вибором найкращого ансамблю сигналів. [3]

При одному й тому ж способі прийому різні ансамблі забезпечують різну завадостійкість. Це зумовлено особливостями розташування меж областей, які оточують кожний сигнал. Імовірність правильного відтворення будь-якого сигналу можливо збільшити, якщо розсунути межі області цього сигналу. При цьому зменшуються об'єми області сусідніх сигналів, що збільшує ймовірність помилки відтворення цих сигналів. Мінімум середньої ймовірності помилки

досягається при розміщенні меж на рівних відстанях від сигнальних точок.

Оптимізація ансамблю зводиться до знаходження такого розміщення сигнальних точок, при якому області сигналів мають найбільшу величину, найбільш близькі одна до одної за розмірами та наближаються за формою до кіл [1].

Якщо число сигналів в ансамблі, побудованому на основі мережі найбільшої густини вкладки, достатньо велика, тоді таке розміщення сигнальних точок може бути достатньо близьким до оптимального. Области сигналів в цьому випадку однакові, за виключенням крайніх областей.

При великій кількості сигналів в ансамблі M ймовірність помилки залежить від відстані d між ближніми сигнальними точками. Тому порівняння ансамблів можливо проводити по коефіцієнту завадостійкості.

$$a = \frac{d}{2\sqrt{E_{\sigma}}}$$

В цьому випадку відстань d вимірюється разом з енергетичними затратами на передачу одного двійкового символу (біта) :

$$E_{\sigma} = \frac{E_c}{\log_2 M}$$

В системах з обмеженою середньою потужністю (в одноканальних системах з лінійним каналом та обмеженим енергоресурсом передавача, в багатоканальних системах з розподілом каналів по частоті та інші) використовується середня енергія $E_{\sigma c}$. В системах з обмеженою піковою потужністю завадостійкість оцінюють по відношенню до максимальної енергії сигналу з ансамблю $E_{\sigma \max}$.

При мінімальній відстані між сигналами d та рівномірній передачі сигналів середня енергія дорівнює:

$$E_c = \frac{d}{2M} \sum_{i=1}^N (2i-1)^2, \text{ де } M - \text{парне.}$$

В цьому випадку коефіцієнт завадостійкості дорівнює:

$$a_c = \frac{d}{2\sqrt{E_{\sigma c}}} = \frac{\sqrt{M \log_2 M}}{\sqrt{2 \sum_{i=1}^{N/2} (2i-1)^2}}$$

Максимальна енергія, найбільш віддаленого сигналу від початку координат, визначається:

$$E_M = \frac{[(M-1)d]^2}{4}$$

Тоді коефіцієнт завадостійкості по максимальній енергії дорівнює:

$$a_M = \frac{d}{2\sqrt{E_{\delta \max}}} \sqrt{\log_2 M} \sqrt{(M-1)^2}.$$

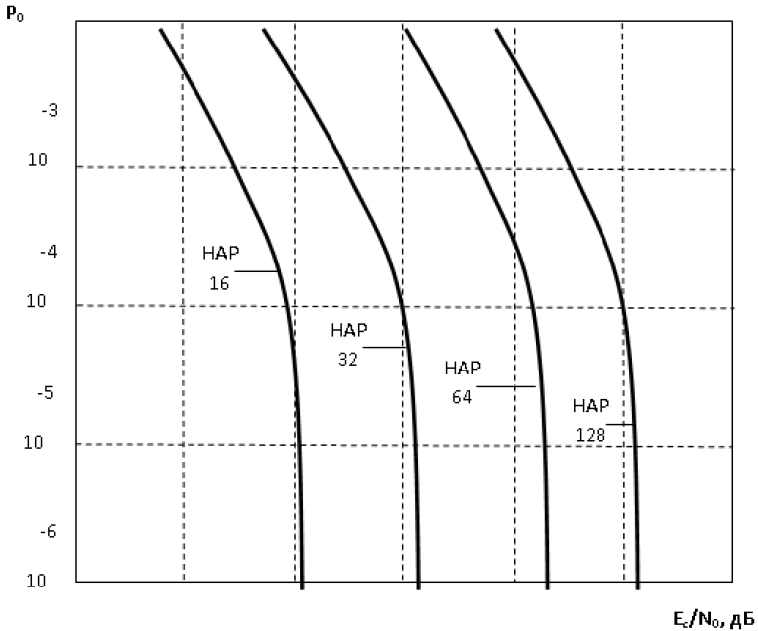


Рис. 1. Криві ймовірності помилки при оптимальному прийому багатопозиційних сигналів

3. ВИСНОВОК

Таким чином, використання багатопозиційних сигналів з фазорізницевою модуляцією високої кратності та високих порядків забезпечить швидкість передавання інформації наближену до пропускну здатності каналу зв'язку. Це важливо для сучасних систем доступу на базі LTE, які вимагають здійснення великих швидкостей передачі інформації в порівнянні з іншими технологіями.

1. Окунев Ю.Б. Цифровая передача информации фазомодулированными сигналами. / Окунев Ю.Б.// - М.: Радио и связь, 1991. - 295 с. 2. Кривуца В.Г. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій /Кривуца В.Г. Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Костік Б.Я., Олійник В.Ф., Склярєнко С.М. та інші. // – Підручник для ВНЗ.К.: Техніка, 2007.- 384 с. 3. Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Чумак О.І. Особливості вибору методу обробки сигналів управління мережами зв'язку // Зв'язок. - 2002. - №2(34). - С. 16 - 20.