

Comparison of The Effectiveness of Systems Wirelessly Using Grapho-analytical Method

Roman Bak, Arthur Polishchuk

Telecommunication Department, Lviv Polytechnic National University, UKRAINE, Lviv, S. Bandery street 12,
E-mail: bak_roman@yahoo.com

The article offers a solution to the problem of choosing the best information transmission system out of several such systems based on introduction of vector distance index using the communication theory and mathematics offered by Shannon.

The improvement is constituted by the possibility to demonstrate the process of comparing the efficiency of several wireless information transmission systems. The other comparison option offered here may be used simultaneously with evaluating information efficiency of a transmission system.

The article also introduces integrated efficiency index (vector distance to Shannon limit) and a based on it wireless communication systems comparison method. Shannon limit is a theoretically established analytical expression which allows to evaluate the maximum possible real correlation between energy efficiency and frequency efficiency of information transmission systems.

The optimization criterion of correlation between energy efficiency and frequency efficiency is constituted by the minimum vector distance to Shannon limit. Vector coordinates are defined from set of simultaneous equations (straight-line equation and Shannon limit equation).

The given method determines correlation between energy efficiency and frequency efficiency of information transmission systems and allows choose the optimum system for further practical implementation using one parameter.

Порівняння ефективності систем безпроводного зв'язку графо-аналітичним методом

Роман Бак, Артур Поліщук

Кафедра "Телекомунікації", Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА,
м. Львів, вул. С. Бандери, 12,
E-mail: bak_roman@yahoo.com

Проведено аналіз необхідності використання узагальнюючих показників ефективності систем передавання інформації та запропоновано новий інтегральний показник ефективності.

Ключові слова – система передавання інформації (СП), інтегральний показник ефективності, межа Шенона, частотна ефективність, енергетична ефективність.

I. Вступ

Сьогодні у світі спостерігається бурхливий розвиток безпроводних комунікацій. Це пов'язано з тим, що абонент перестає бути просто абонентом, а стає користувачем, стає особою, якій потрібно все більше і більше інформації. Тому передача звичайних сигналів, які вимагають невеликого каналного ресурсу, стає неактуальною. У безпроводних комунікаціях це створює суттєву проблему, адже тут немає безмежної можливості розширення ресурсу через фізичні обмеження радіоефіру і законодавче регламентування даної проблеми [1], на відміну від провідної комунікації.

Оскільки наведена вище проблематика створює задачу більш жорсткого проектування безпроводних систем у порівнянні з провідними, з'являється і задача визначення необхідного набору показників чи певного інтегруючого показника, який би давав змогу вибрати одну систему, кращу з деяких варіантів.

Вже давно провідні вчені, зокрема такі як Шенон, дійшли висновку, що для характеристики систем передавання інформації потрібно вводити якісь узагальнюючі показники. З теорії електрозв'язку є відомими формули, які дозволяють встановити енергетичну та частотну ефективності СП. Проте існує цілий набір узагальнюючих параметрів, за якими необхідно говорити про загальну ефективність системи.

В даній статті запропоновано метод, який з відомих співвідношень шляхом певного аналітичного виведення дозволяє встановити графо-аналітичне представлення безпроводних систем зв'язку, за якими на основі параметру векторної відстані дозволяє оцінити, яка ж з аналізованих систем є більш ефективною.

Отже, в даній статті запропоновано розв'язання задачі визначення найкращої з декількох системи передавання на основі введення показника векторної відстані з використанням теорії зв'язку та математики запропонованої Шеноном. Покращення полягає в тому, що є можливість наочного представлення процесу порівняння ефективності декількох СП, а також запропоновано ще один варіант, який може

бути використаний паралельно з оцінкою інформаційної ефективності системи передавання.

II. Спосіб порівняння ефективності систем безпровідного зв'язку

В статті запропоновано інтегральний показник ефективності – векторна відстань до межі Шенона – та метод порівняння безпровідних систем зв'язку на його основі. Критерій оптимальності D – мінімум векторної відстані до межі Шенона.

Для порівняння ефективності n систем за запропонованим показником, знаходимо величину D для кожної системи. Ефективнішою системою є та, у якій мінімальна величина D (1)

$$D_{\min} = \min\{D_1, D_2, \mathbf{K}, D_n\}. \quad (1)$$

Для вираження ефективності системи з поміж усіх конкурсантів знаходимо максимум інтегрального показника ефективності (2)

$$D_{\max} = \max\{D_1, D_2, \mathbf{K}, D_n\}. \quad (2)$$

Приріст ефективності кожної з n систем визначається відносно найменшефективної (3),

$$\Delta D_i = \left(1 - \frac{D_i}{D_{\max}}\right) \cdot 100\%, \quad (3)$$

де $i = 1..n$ – індекс кожної системи.

III. Метод визначення векторної відстані до межі Шенона

Межа Шенона є теоретично встановленим аналітичним виразом, що дозволяє оцінити максимально можливе реальне співвідношення енергетичної та частотної ефективності СП. [2]

$$b = \frac{g}{2^g - 1}, \quad (4)$$

де b – енергетична ефективність, g – частотна ефективність.

Даний метод визначає співвідношення енергетичної та частотної ефективності СП і дозволяє проєктуванцю на основі єдиного параметру здійснювати вибір оптимальної системи для подальшої практичної реалізації.

Для системи зв'язку з показниками ефективності b_1 та g_1 знаходимо координати b_1' та g_1' точок на межі Шенона при $g = g_1$ та при $b = b_1$ відповідно.

За виразом 4 знаходимо координату b_1' при $g = g_1$. Приймаючи, $b = b_1$ отримуємо рівняння:

$$(2^{g_1} - 1)b_1 - g_1' = 0, \quad (5)$$

де g_1' – координата точки на межі Шенона при $b = b_1$.

Точка з координатами g_1' та b_1' є відображенням за межею шенона даної системи зв'язку.

Провівши лінію через точки з координатами (g_1, b_1) та (g_1', b_1') отримуємо точку перетину (g_2, b_2) з границею Шенона. Довжина відрізка з координатами кінців (g_1, b_1) та (g_2, b_2) буде визначати величину інтегрального показника ефективності системи зв'язку.

Використавши рівняння прямої, що проходить через дві точки [3], запишемо:

$$\frac{g - g_1}{g_1' - g_1} = \frac{b - b_1}{b_1' - b_1}. \quad (6)$$

Звідси,

$$b = g \frac{b_1' - b_1}{g_1' - g_1} - g_1 \frac{b_1' - b_1}{g_1' - g_1} + b_1. \quad (7)$$

Прийнявши, що

$$k = \frac{b_1' - b_1}{g_1' - g_1}, \quad b = g_1 \frac{b_1' - b_1}{g_1' - g_1} + b_1, \quad (8)$$

отримаємо

$$b = k \cdot g - b. \quad (9)$$

Прирівнявши (4) і (9), отримуємо наступне рівняння

$$(2^{g_2} - 1)(k \cdot g_2 - b) - g_2 = 0. \quad (10)$$

Підставивши розв'язок g_2 у (4) або (9), отримуємо b_2 . Довжина відрізка, що сполучає точки (g_1, b_1) та (g_2, b_2) , визначається виразом (11).

$$D = \sqrt{(g_2 - g_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}. \quad (11)$$

Отримане значення визначає величину інтегрального показника ефективності системи зв'язку.

Висновок

Проектування та вибір ефективнішої системи зв'язку є актуальною задачею, яка потребує вдосконалення способів розв'язання. В статті запропоновано графоаналітичний підхід до порівняння безпровідних систем зв'язку з точки зору їх ефективності. Створено інструмент для проєктувальника безпровідних систем зв'язку для вибору одного з декількох варіантів побудови рівноцінних систем зв'язку на основі критерію мінімальної векторної відстані до межі Шенона.

Література

- [1] Stefania Sesia, Issam Toufik and Matthew Baker. LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
- [2] Зюко А.Г., Фалько А.И., Панфилов И.П., Банкет В.Л. Помехоустойчивость и эффективность передачи информации. М., 1985.
- [3] Кондур О.С., Дронь В.С., Готинчан Т.І., Лавренчук В.П. Вища математика. Ч.1: Лінійна алгебра, аналітична геометрія, математичний аналіз. Чернівці, 2007.