

ГРАФО–АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ БЕЗПРОВІДНОГО ЗВ'ЯЗКУ

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

An analysis of necessity of generalize performance indicators use of communication system is presented. A new integrated performance indicator is proposed.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

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. З'являються нові мультимедійні послуги, які потребують значного розширення як частотного, так і каналного ресурсу систем передавання. Проте, якщо говорити про безпроводні комунікації, то постає суттєва проблема, адже там немає безмежної можливості розширення ресурсу через фізичні обмеження радіоефіру і законодавче регламентування даної проблеми [1], на відміну від провідної комунікації, де, в основному, ресурс може бути нарощений і збільшений шляхом вибору більш ємнісного виду середовища передавання.

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 вибирати одну систему, кращу з деяких варіантів.

Чому взагалі виникає питання про декілька варіантів при проектуванні безпроводних систем? Це пояснюється тим, що створення безпроводної системи передавання інформації (СПІ) є задачею багатокритеріальної оптимізації. Оскільки багатокритеріальна оптимізація, в більшості випадків, не дає чіткої відповіді на питання, тому і виникає ситуація, коли є декілька, на перший погляд, рівно оптимальних рішень, з яких потрібно вибрати якийсь певний один варіант. Оскільки в

¹ Національний університет «Львівська політехніка»

² Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

загальному в теорії електричного зв'язку, в теорії комунікації і в теорії інформації вже протягом досить значного періоду часу, близько 50 останніх років, іде досить серйозне вивчення власне безпровідної комунікації, то напрацьовано досить значний математичний апарат в напрямку визначення властивостей та параметрів безпровідних систем передавання інформації.

Вже давно провідні вчені, зокрема такі як Шенон, дійшли висновку, що для характеристики систем передавання інформації потрібно вводити якісь узагальнюючі показники, які б говорили як про їх ефективність у використанні частотного ресурсу, так і про ефективність використання каналного ресурсу, зокрема використання ресурсу пропускну здатності. Відомими з теорії електрозв'язку є формули, які дозволяють встановити енергетичну та частотну ефективності СП. Тут постає питання в тому, що існує цілий набір узагальнюючих параметрів, за якими необхідно говорити про загальну ефективність системи.

В цьому випадку є декілька різних шляхів, якими можна йти. Зокрема в класичній теорії електричного зв'язку вводять параметр інформаційної ефективності, яку визначають за відповідним аналітичним співвідношенням, і по цьому показнику говорять, яка ж з систем є в результаті краща [2]. Недоліком такого підходу є відсутність певної наочності, тобто сама аналітика нічим особливо не підтверджується. Тому в даній статті запропоновано метод, який з відомих співвідношень шляхом певного аналітичного виведення дозволяє встановити графоаналітичне представлення двох безпровідних 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.

2. 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)

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

Для вираження ефективності системи знаходимо максимум інтегрального показника ефективності (2)

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

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.

3. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВЕКТОРНОЇ ВІДСТАНІ ДО МЕЖІ ШЕНОНА

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

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

$$\beta = \frac{\gamma}{2^\gamma - 1}, \quad (4)$$

де β – енергетична ефективність, γ – частотна ефективність.

Для системи зв'язку з показниками ефективності β_1 та γ_1 знаходимо координати β_1' та γ_1' точок на межі Шенона при $\gamma = \gamma_1$ та при $\beta = \beta_1$ відповідно. За виразом 4 знаходимо координату β_1' при $\gamma = \gamma_1$. Приймаючи, $\beta = \beta_1$ отримаємо рівняння:

$$(2^{\gamma_1} - 1)\beta_1 - \gamma_1' = 0, \quad (5)$$

де γ_1' – координата точки на межі Шенона при $\beta = \beta_1$.

Точка з координатами γ_1' та β_1' – є відображенням за межею шенона даної системи зв'язку.

Провівши лінію через точки з координатами (γ_1, β_1) та (γ'_1, β'_1) отримаємо точку перетину (γ_2, β_2) з границею Шенона. Довжина відрізка з координатами кінців (γ_1, β_1) та (γ_2, β_2) буде визначати величину інтегрального показника ефективності системи зв'язку.

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

$$\frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma'_1 - \gamma_1} = \frac{\beta - \beta_1}{\beta'_1 - \beta_1}, \quad (6)$$

Звідси,

$$\beta = \gamma \frac{\beta'_1 - \beta_1}{\gamma'_1 - \gamma_1} - \gamma_1 \frac{\beta'_1 - \beta_1}{\gamma'_1 - \gamma_1} + \beta_1, \quad (7)$$

Прийнявши, що

$$k = \frac{\beta'_1 - \beta_1}{\gamma'_1 - \gamma_1}, \quad b = \gamma_1 \frac{\beta'_1 - \beta_1}{\gamma'_1 - \gamma_1} + \beta_1, \quad (8)$$

отримаємо

$$\beta = k \cdot \gamma - b, \quad (9)$$

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

$$(2^{\gamma_2} - 1)(k \cdot \gamma_2 - b) - \gamma_2 = 0, \quad (10)$$

Підставивши розв'язок γ_2 у (4) або (9), отримаємо β_2 .

Довжина відрізка, що сполучає точки (γ_1, β_1) та (γ_2, β_2) , визначається виразом (11)

$$D = \sqrt{(\gamma_2 - \gamma_1)^2 + (\beta_2 - \beta_1)^2}, \quad (11)$$

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

4. ВИСНОВКИ

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 проектувальника безпровідних систем зв'язку для вибору одного з декількох варіантів побудови рівноцінних систем зв'язку на основі критерію мінімальної векторної відстані до межі Шенона.

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.*