

УДК 621.396.2

Гринкевич Г. О., аспірантка

ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ РАДІОСИСТЕМ

Гринкевич Г. О. Оцінка інформаційно-енергетичної ефективності телекомунікаційних радіосистем. Розглядається телекомунікаційна система з багатократною фазовою маніпуляцією. Пропонується для оцінки ефективності системи використовувати коефіцієнт інформаційно-енергетичної ефективності. Надаються рекомендації щодо вибору параметрів системи, які забезпечують максимальну інформаційно-енергетичну ефективність системи.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ФАЗОВА МАНІПУЛЯЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ CDMA, ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.

Гринкевич А. А. Оценка информационно-энергетической эффективности телекоммуникационных радиосистем. Рассматривается телекоммуникационная система с многократной фазовой манипуляцией. Предлагается для оценки эффективности системы использовать коэффициент информационно энергетической эффективности. Предоставляются рекомендации относительно выбора параметров системы, которые обеспечивают максимальную информационно-энергетическую эффективность системы.

Ключевые слова: ИНФОРМАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ФАЗОВАЯ МАНИПУЛЯЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ CDMA, ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

Grynkevich H. O. Estimation of informational-energy effectiveness of telecommunication radio systems. Telecommunication system with multiple phase manipulation is passed in review. It is proposed to use informational-energy effectiveness ratio for the system effectiveness estimation. Recommendations for the systems parameters selection, which ensure system's maximal informational-energy effectiveness, are proposed.

Key words: INFORMATIVELY-POWER EFFICIENCY, PHASE MANIPULATION, TECHNOLOGY of CDMA, INFORMATIVELY of COMMUNICATION TECHNOLOGY.

Загальна тенденція розвитку інформаційного суспільства, як нового етапу в розвитку людства, на якому інформаційні та телекомунікаційні технології стають базовими, вимагає нових підходів до надання послуг в телекомунікаційних мережах (ТКМ).

Зростання конкуренції на ринку телекомунікації, розширення спектру послуг, інфраструктури та постійно зростаючі об'єми трафіка спонукають до вирішення задач оптимізації ТКМ для підвищення якості послуг, що надаються.

Невпинне зростання потоків інформації приводить до постійної модернізації інформаційних мереж як в частині обладнання вузлів мережі, так і постійного розширення пропускної здатності каналів передачі для зростаючого обсягу мультимедійного трафіка та забезпечення його якості. Збільшення трафіка реального часу (голос, відео) створює ряд проблем та вимагає застосування нових алгоритмів оптимізації, протоколів управління і відповідно іншого обладнання. Детальний аналіз вказаних проблем, оптимізація і налаштування використовуваного обладнання ТКМ може забезпечити зростаючі вимоги до інфокомунікаційних технологій [1]. При цьому витрати на проведення таких робіт значно нижчі від можливих витрат на закупівлю та встановлення нового телекомунікаційного обладнання.

Задачами теорії оптимального прийому є знаходження сигналу, оцінка параметрів сигналу, розрізнення сигналів, фільтрація повідомлень, розпізнавання образів та рішення сигналів (рис. 1). Для їх опису припустимо, що сигнал на прийомі $r(t)$ являє собою суму сигналу $s(t, \lambda)$ і адитивної завади $n(t)$: $r(t) = s(t, \lambda) + n(t)$, де λ – параметр сигналу $s(t, \lambda)$, який в загальному випадку являється векторним; $n(t)$ – адитивний білий гаусів шум.

Допустимо, що в прийнятому сигналі $r(t)$ може бути присутнім або бути відсутнім сигнал $s(t, \lambda)$, тобто сигнал $r(t)$, що приймається, рівний [2] $r(t) = \alpha s(t, \lambda) + n(t)$, де випадкова величина α може набувати значень 0 (сигнал відсутній) або 1 (сигнал є присутнім); $s(t, \lambda)$ – спостережуваний на інтервалі спостереження $[0, T]$ детермінований сигнал. При рішенні задачі виявленні сигналу необхідно визначити наявність сигналу $s(t, \lambda)$ в $r(t)$, тобто оцінити значення параметра α .

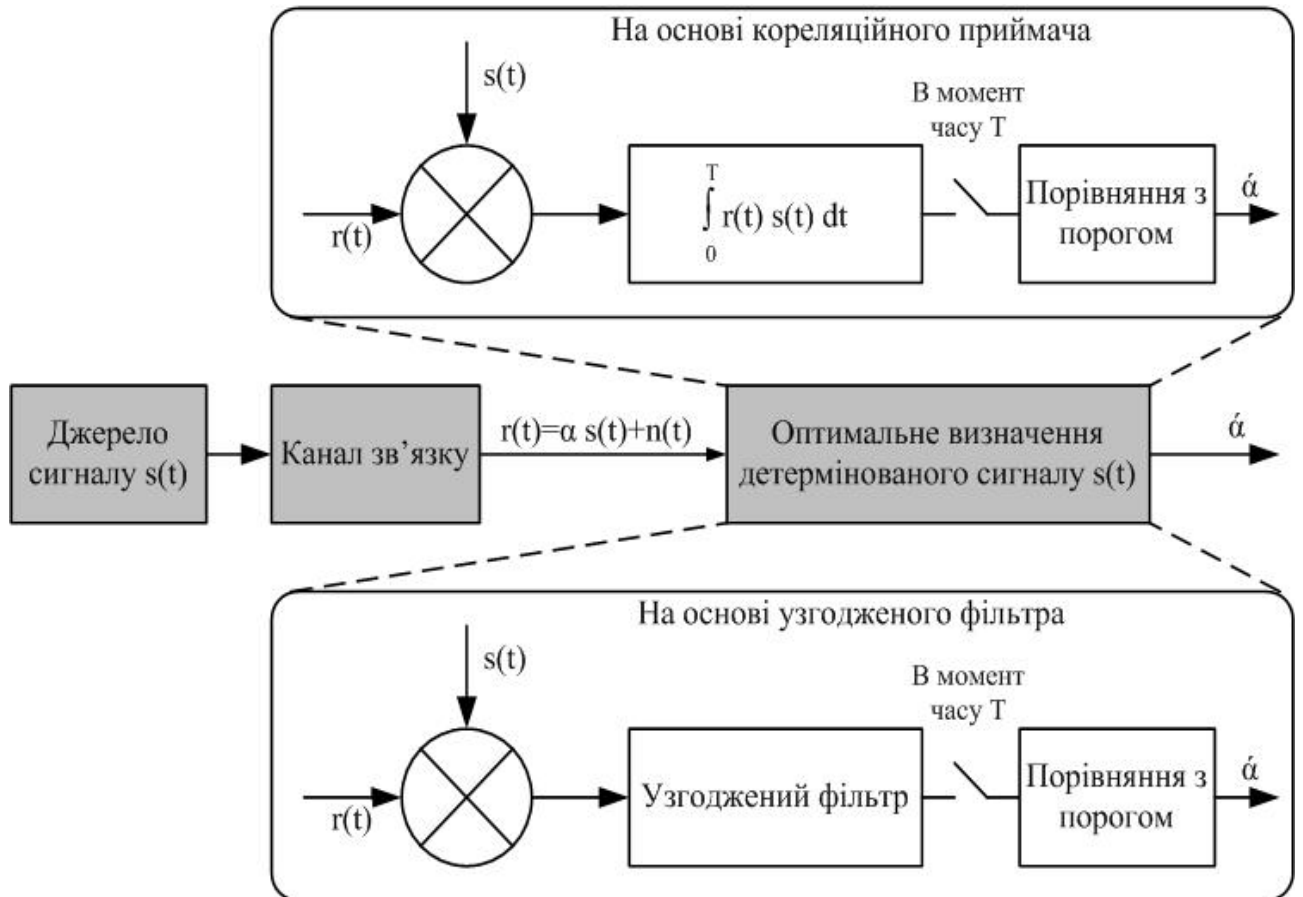


Рис. 1. Оптимальне виявлення сигналу

Для оцінки ефективності телекомунікаційної системи, характеристики якої знаходяться у взаємній залежності ряду параметрів, доцільно використовувати узагальнений критерій ефективності. При цьому під ефективністю телекомунікаційної системи слід розуміти сукупні властивості системи, які забезпечують її найкращі характеристики при компромісних значеннях основних параметрів, що впливають на характеристики системи.

Будемо вважати, що кращою із сукупності систем, що розглядаються, є така система, яка буде мати максимальне значення коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності S , тобто максимальну пропускну здатність при мінімальній потужності передавача.

$$S = \frac{C}{P} \frac{b_{im}/c}{B_m}, \quad (1)$$

де C – пропускну здатність системи (максимальна швидкість передачі інформації);
 P – потужність передавача.

Розглянемо в якості прикладу радіосистему з багатократною фазовою маніпуляцією двійкового сигналу, в якій пропускна здатність буде [3]

$$C = n \cdot \Delta f, \quad (2)$$

де n – кількість розрядів двійкового коду; Δf – смуга пропускання радіоканалу.

Потужність передавача радіосистеми, що працює в складних умовах розповсюдження сигналу, буде [4]

$$P = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot D^\mu \cdot k \cdot T \cdot \Delta f \cdot \gamma \cdot L}{D_0^{\mu-2} \cdot \lambda^2 \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot \rho}, \quad (3)$$

де P – потужність передавача; G_1, G_2 – коефіцієнт підсилення антени передавача і приймача; T – приведена до опромінювача антени шумова температура приймальної системи; D – протяжність лінії зв'язку; D_0 – базова відстань; k – стала Больцмана, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Вт/Гц} \cdot \text{Град}$; Δf – смуга пропускання приймального тракту; L – загасання сигналу в лінії зв'язку; λ – довжина хвилі; γ – відношення сигнал/шум на вході приймача; ρ – виграш відношення сигнал/шум при декодуванні сигналу (з врахуванням розширення спектру сигналу при його кодуванні); μ – коефіцієнт втрати сигналу через особливості його розповсюдження в складних умовах.

У діапазоні частот 1...2 ГГц для приміщень $D_0=100$ м, для зовнішніх антен $D_0=1000$ м, а величина μ в залежності від характеру навколишнього середовища складає $\mu=2 \div 6$ [5].

Будемо вважати, що в системі будуть використовуватись параболічні антени з коефіцієнтом підсилення [6]

$$G = \frac{6 \cdot d^2}{\lambda^2}, \quad (4)$$

де d – діаметр розкриття антени; λ – довжина хвилі.

Використовуючи формули (2), (3), (4), запишемо вираз для коефіцієнта S відповідно до формули (1)

$$S = \frac{0,23 \cdot D_0^{\mu-2} \cdot d_1^2 \cdot d_2^2 \cdot \rho \cdot n}{D^\mu \cdot k \cdot T \cdot \gamma \cdot L \cdot \lambda^2}. \quad (5)$$

На базі (5) для оцінки ефективності системи для прикладу у табл. 1 розраховано коефіцієнти інформаційно-енергетичної ефективності для деяких безпроводних ІКТ.

Для розрахунку коефіцієнта S для технології CDMA використовуються наступні параметри:

- розрахунок максимального значення коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності (максимальної пропускної здатності при мінімальній потужності передавача), Вт/Гц – для радіосистеми з багатократною фазовою маніпуляцією двійкового сигналу;

- робоча (несуча) частота, Гц – $f_n = 1,8 \cdot 10^9$;

- кількість розрядів двійкового коду (у ширококутовій системі зв'язку CDMA з кодовим багатостанційним доступом до каналів зв'язку у 20 мс тайм-слоті – передається 196 двійкових символів, отже розрядність кодованого сигналу) $n=8$;

- відношення сигнал/шум на вході Rake-приймача ширококутової CDMA радіосистеми 6 дБ – 2 рази, $\gamma=2$;

- виграш відношення сигнал/шум при декодуванні сигналу (з урахуванням розширення спектру сигналу при його кодуванні) 10 дБ – 3 рази, $\rho=3$;

- коефіцієнт втрати сигналу при його поширенні в радіоканалі (залежить від діапазону частот зв'язку та рельєфу місцевості; знаходиться в межах – 2...6 разів), $\mu=4$;
- та ін. дані з табл. 1.

Параметри д ІКТ та коефіцієнт S

Табл. 1

Параметр	Технологія				
	CDMA	GSM	DECT	CDMA A	WiMax
Робоча (несівна) частота, f_n МГц	1800	1800	1800	1800	1800
Модуляція	OQPSK	GMSK	GFSK	OQPSK	QPSK
Кількість розрядів двійкового коду, n	8	8	8	8	8
Відношення сигнал/завада γ	2	3	4	2	3
Виграш відношення сигнал/завада при декодуванні сигналу ρ	3	2	2	3	2
Коефіцієнт втрати сигналу при його поширенні в радіоканалі μ	4	4	4	4	4
Базова відстань для антен в приміщеннях, D_{01} м	100	100	100	100	100
Базова відстань для зовнішніх антен, D_{02} м	1000	1000	1000	1000	1000
Діаметр розкриву параболічної антени передавача, d_1 м	4	4	4	4	4
Діаметр розкриву параболічної антени приймача, d_2 м	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Протяжність лінії зв'язку, D м	1000	1000	1000	36000	20000
Загасання сигналу в лінії зв'язку, L	10	10	10	10	10
Довжина хвилі, λ м	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
Приведена до опромінювача антени шумова температура приймальної системи, °К T	1000	1000	1000	800	800
Коефіцієнт $S \cdot 10^{11}$ для D_{02}	7.37	3.28	2.46	9.22	4.1

Розрахунок максимального значення коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності S (максимальної пропускної здатності при мінімальній потужності передавача) для антен в приміщеннях по вищеписаним параметрам дорівнює $7.37 \cdot 10^9$ Вт/Гц, а для зовнішніх антен дорівнює $7.37 \cdot 10^{11}$ Вт/Гц, що відповідає параметрам вхідних даних.

За представленими в табл. 1 параметрами побудовано графіки для досліджуваних технологій (рис. 2). На рисунку розташування графіків зверху вниз таке: $S_{CDMA1}(\lambda)$, $S_{CDMA}(\lambda)$, $S_{WiMax}(\lambda)$, $S_{GSM}(\lambda)$, $S_{DECT}(\lambda)$.

Як видно з графіка (рис. 2) значення коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності S зростає зі зменшенням довжини робочої хвилі і є максимальним при мінімальній довжині. З чого можна зробити висновок про високий рівень коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності S для високо-частотних ІКТ та їх більшу ефективність на даних частотах.

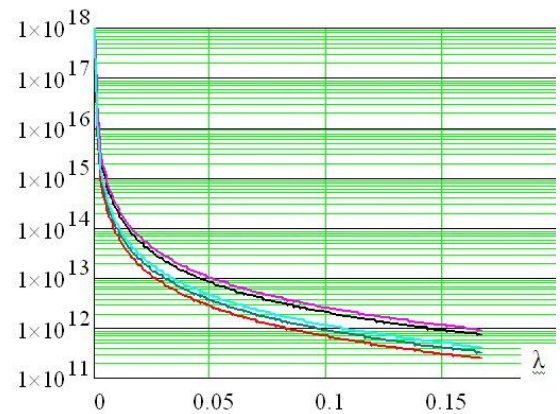


Рис. 2. Зміна S в залежності від довжини хвилі

На рис. 3 показано графік залежності коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності S від довжини хвилі та загасання сигналу в лінії зв'язку для технології CDMA.

Головною причиною загасання корисного сигналу є розсіювання енергії сигналу. Як видно з графіка зменшення рівня загасання сигналу призводить до різкого росту параметра S .

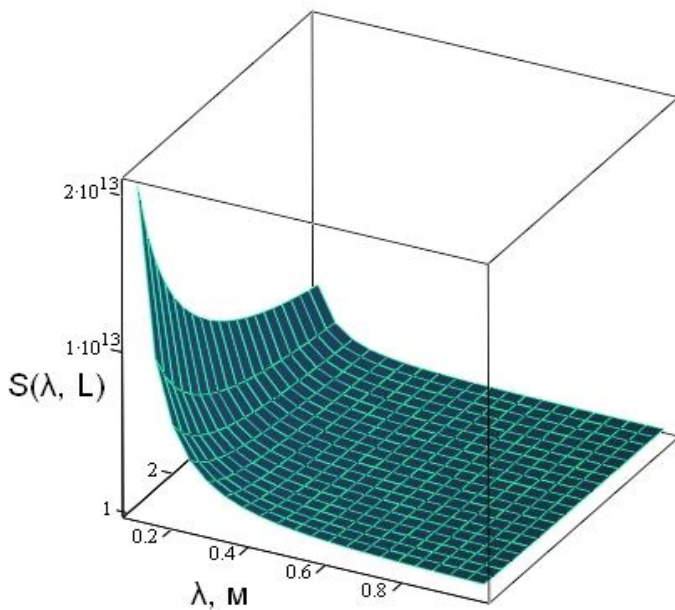


Рис. 3. Зміна S в залежності від довжини хвилі та загасання сигналу в лінії зв'язку для технології CDMA

Проте цей вид втрат цілком передбачуваний і має властивість лінійності. Таким чином, знаючи загасання сигналу для певної частоти на одиницю довжини, заздалегідь можна розрахувати необхідну потужність випромінювання передавача для передачі сигналу на задану відстань.

Велику проблему для стільникового зв'язку створюють штучні об'єкти. Наприклад, стіна житлового будинку вносить дуже відчутне загасання, внаслідок чого в центрі великої будівлі зв'язку може не бути зовсім. Рішенням цієї проблеми є розміщення спеціальних – базових станцій, які спеціально призначені для створення стійкого покриття усередині подібних об'єктів.

Очевидно, що для збільшення коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності телекомунікаційної радіосистеми при заданій дальності зв'язку D та заданих умовах регіону розміщення системи (відповідного значення коефіцієнта μ), а також вірогідності помилки прийому сигналу (відповідного значення коефіцієнта γ), необхідно:

1. Використовувати вид кодування сигналу з максимальним енергетичним вирашем ρ .
2. Використовувати малoshумливий підсилювач та вхідні пристрої системи з мінімальним значенням ефективної шумової температури.
3. Обирати мінімально можливе значення робочої частоти.
4. Використовувати багатопозиційну фазову маніпуляцію з максимальним розрядом двійкового сигналу.

Література

1. Прокус Дж. Цифровая связь / Прокус Дж.; пер. с англ. под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети / В. Столлингс. – М., СП.: К.: Вильямс, 2003. – 639 с.
4. Семенко А. І. Сучасний стан створення безпроводних телекомунікаційних систем / А. І. Семенко // Вісник національного університету «Львівська політехніка», Радіоелектроніка та телекомунікації. – 2009. – № 645. – С.56-67.
5. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи / К. Веселовский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 536 с.
6. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн [Г. А. Ерохин, О. В. Чернышев, Н. Д. Козырев, Г. И. Кочержевский]. – М.: Радио и связь, 1996. – 352 с.