

УДК 621.396.2

А.О. Макаренко, Г.О. Гринкевич

Державний університет телекомунікацій, Київ

## ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЙОМУ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ РАДІОСИСТЕМАХ

В роботі проведено аналіз та запропоновано алгоритм визначення характеристик телекомунікаційних радіосистем для підвищення ефективності забезпечення оптимального прийому сигналу (коефіцієнт інформаційно-енергетичної ефективності). Зроблено розрахунок коефіцієнту інформаційно-енергетичної ефективності для ряду радіосистем.

**Ключові слова:** коефіцієнт інформаційно-енергетичної ефективності, фазова маніпуляція, ефективність системи, технологія CDMA, інформаційно-комунікаційні технології.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Зростання конкуренції на ринку телекомунікації, розширення спектру послуг, інфраструктури та постійно зростаючі об'єми трафіку спонукають до вирішення задач оптимізації телекомунікаційних систем (ТКС) 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 пропускних здатностей каналів

передачі для зростаючого обсягу мультимедійного трафіку та забезпечення його якості (рис. 1). Збільшення трафіку 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 ТКС 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.

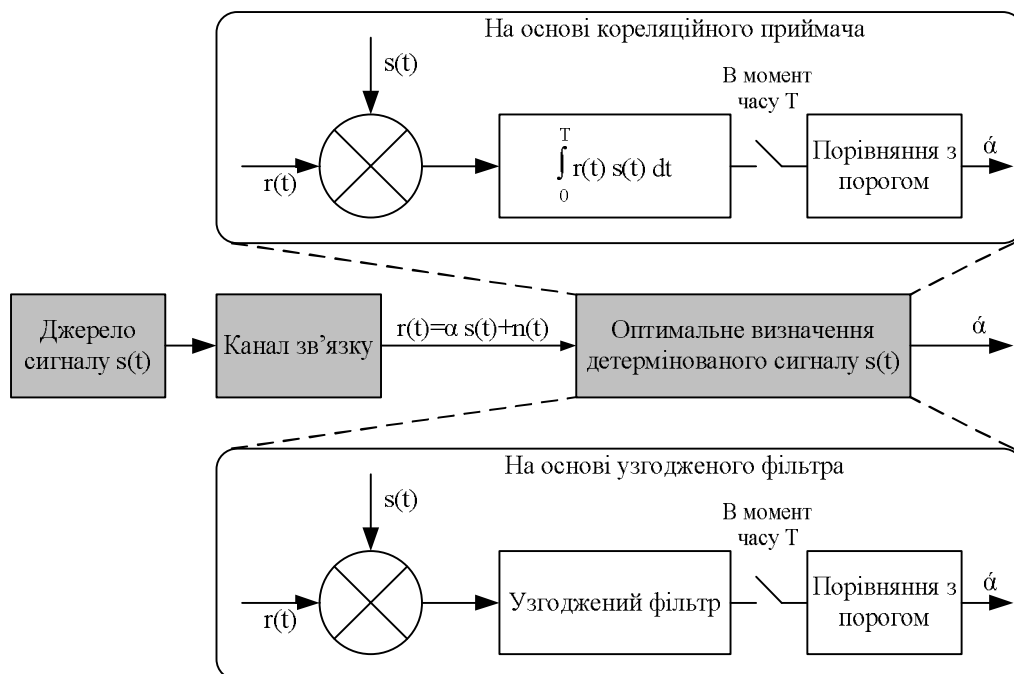


Рис. 1. Оптимальне виявлення сигналу

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Задачами теорії оптимального прийому є знаходження сигналу, оцінка параметрів сигналу, розрізнення сигналів, фільтрація повідомлень, розпізнавання

образів та рішення сигналів [1 – 5]. Для їх опису припустимо, що сигнал на прийомі  $r(t)$  являє собою суму сигналу  $s(t, \lambda)$  і адитивної завади  $n(t)$ :

$$r(t) = s(t, \lambda) + n(t), \quad (1)$$

де  $\lambda$  - параметр сигналу  $s(t, \lambda)$ , який в загальному випадку являється векторним,  $n(t)$  - адитивний білий гаусів шум.

Припустимо, що в прийнятому сигналі  $r(t)$  може бути присутнім або бути відсутнім сигнал  $s(t, \lambda)$ , тобто сигнал  $r(t)$ , що приймається, рівний [2]  $r(t) = \sigma \cdot s(t, \lambda) + n(t)$ , де випадкова величина  $\sigma$  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  $\sigma$ .

Для оцінки ефективності телекомунікаційної системи, характеристики якої знаходяться у взаємній залежності ряду параметрів, доцільно використовувати узагальнений критерій ефективності [6]. 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 [1, 6].

**Мета даної статті** полягає в розробці методу визначення характеристик інформаційно-енергетичної ефективності сучасних безпроводових телекомунікаційних систем.

### Основний матеріал

Пропонується для визначення ефективності безпроводових систем використовувати розроблений інтегральний критерій інформаційно-енергетичної ефективності [1]

$$S = C / P, \tag{2}$$

де  $P$  – потужність передавача, що визначається узагальною математичною моделлю радіолінії [6];  $C$  – пропускна здатність системи (максимальна швидкість передачі інформації). Для багатопозиційного фазомодульованого сигналу

$$\tilde{N} = \Delta f \cdot \log M, \tag{3}$$

де  $\Delta f$  – смуга пропускання радіоканалу;  $M$  – кількість позицій багатопозиційного сигналу.

Дослідження доводять, що створення критерію інформаційно-енергетичної ефективності представляється центральним в проблемі оцінки ефективності ТКС. Слід вважати, що інформаційно-енергетична ефективність виражається сукупністю різномірних показників, а характеристики кожного з функціональних складових ТКС безпосередньо впливають на критерій інформаційно-енергетичної ефективності ТКС.

В роботі розроблено удосконалену математичну модель для визначення потужності передавача для заданої помилки приймання інформації.

На основі матеріалу [6] отримано формулу для коефіцієнта  $S$  відповідно до рівняння (2)

$$S = \frac{\lambda^2 \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot \rho \cdot D_0^{\mu-2}}{16 \cdot \pi^2 \cdot D^\mu \cdot T \cdot \Delta f \cdot k \cdot \gamma \cdot L} \tag{4}$$

Формулу (4), яка дозволяє визначити коефіцієнт інформаційно-енергетичної ефективності безпроводової ТКС, можна вважати узагальною математичною моделлю системи при проектуванні безпроводових систем на базі інтегрального критерію інформаційно-енергетичної ефективності.

З використанням формул (2), (3), і (4), одержано інтегральний критерій інформаційно-енергетичної ефективності для MPSK

$$S = \frac{\lambda^2 \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot \rho \cdot \log M \cdot D_0^{\mu-2}}{16 \cdot \pi^2 \cdot D^\mu \cdot k \cdot T \cdot L \cdot \gamma} \tag{5}$$

На базі приведеної формули (5) для оцінки ефективності системи для прикладу у табл. 1 розраховано коефіцієнт інформаційно-енергетичної ефективності для деяких радіосистем (супутникова система зв'язку; режим радіоподовжувача; OFDM).

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

По параметрах, представлених в табл. 1, побудовано спільний графік для досліджуваних технологій (рис. 2).

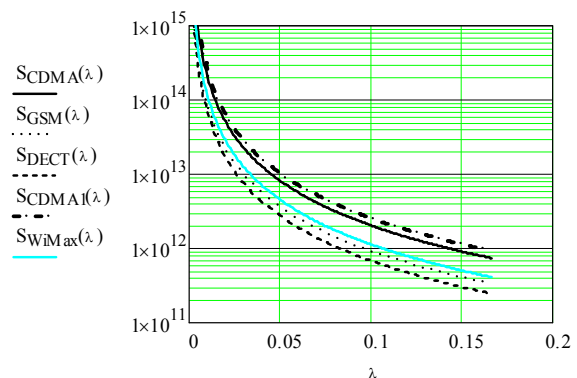


Рис. 2. Зміна  $S$  в залежності від довжини хвилі

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 цього можна зробити висновок про високий рівень коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності  $S$  для високочастотних радіосистем та їх більшу ефективність на даних частотах.

Таблиця 1

Параметри деяких радіосистем та коефіцієнт S

Параметр	Технологія				
	CDMA	GSM	DECT	CDMA <sup>1</sup>	WiMax <sup>2</sup>
Робоча (несуча) частота, $f_n$ МГц	1800	1800	1800	1800	1800
Модуляція	OQPSK	GMSK	GFSK	OQPSK	QPSK <sup>3</sup>
Кількість розрядів двійкового коду, n	8	8	8	8	8
Відношення сигнал/завада $\gamma$	2	3	4	2	3
Виграш відношення сигнал/завада при декодуванні сигналу $\epsilon$	3	2	2	3	2
Коефіцієнт втрати сигналу при його поширенні в радіоканалі $\mu$	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 розкриття параболічної антени передавача, $d_1$ м	4	4	4	4	4
Діаметр розкриття 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, $\lambda$ 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

## Висновки

Для збільшення коефіцієнта інформаційно-енергетичної ефективності телекомунікаційної радіосистеми при заданій дальності зв'язку D та заданих умовах регіону розміщення системи (відповідного значення коефіцієнта  $\mu$ ), а також вірогідності помилки прийому сигналу (відповідного значення коефіцієнта  $\gamma$ ), необхідно:

1. Використовувати вид кодування сигналу з максимальним енергетичним виграшем.
2. Використовувати малозумливий 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.

## Список літератури

1. Прокис Дж. Цифровая связь / Дж. Прокис. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с. – ISBN 5-256-01434-X.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 1104 с. – ISBN 5-8459-0497-8.
3. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети / В. Столлингс. – М., СПб., К.: Вильямс, 2003. – 639 с.
4. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи / К. Веселовский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 536 с.
5. 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.
6. Семенко А.І. Потужність передавача в безпроводовій телекомунікаційній системі, необхідна для заданої помилки прийому сигналу / А.І. Семенко, Г.О. Гринкевич // Вісник ДУІКТ. – 2013. – № 2. – С. 5-9.

Надійшла до редколегії 25.12.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Тольопа, Державний університет телекомунікацій, Київ.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЕМА В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ РАДИОСИСТЕМАХ

А.А. Макаренко, А.А. Гринкевич

В работе проведен анализ и предложен алгоритм определения характеристик телекоммуникационных радиосистем для повышения эффективности обеспечения оптимального приема сигнала (коэффициент информационно-энергетической эффективности). Сделан расчет коэффициенту информационно-энергетической эффективности для ряда радиосистем.

**Ключевые слова:** коэффициент информационно-энергетической эффективности, фазовая манипуляция, эффективность систем, технология CDMA, информационно-коммуникационные технологии.

## DETERMINATION OF DESCRIPTIONS OF PROVIDING OF OPTIMAL RECEPTION IN TELECOMMUNICATION RADIOSYSTEMS

A.A. Makarenko, G.A. Grynkevych

An analysis is in-process conducted and the algorithm of determination of descriptions of telecommunication radios of the systems is offered for the increase of efficiency of providing of optimal reception of signal (coefficient of informatively-power efficiency). A calculation is done to the coefficient of informatively-power efficiency for the row of radio of the systems.

**Keywords:** coefficient of informatively-power efficiency, phase manipulation, efficiency of system, technology of CDMA, informatively of communication technology.