

УДК 621.396.662.072.078

В. Г. САЙКО, доктор техн. наук;

В. А. БРЕСЛАВСЬКИЙ, аспірант;

Д. О. ЛИСЕНКО, здобувач,

Державний університет телекомунікацій, Київ

СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВІДНОШЕННЯ СИГНАЛ/ШУМ ДЛЯ АДАПТИВНИХ РАДІОЛІНІЙ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Запропоновано аналіз сучасних способів вимірювання відношення сигнал/шум і розкрито технічну сутність нового розробленого способу його вимірювання, який забезпечує підвищення вірогідності виділення обвідної багатопроменевого сигналу в адаптивних системах мобільного зв'язку.

Ключові слова: відношення сигнал/шум; адаптивні радіолінії мобільного зв'язку;

Вступ

У сучасних системах цифрового зв'язку якість каналів зв'язку можна оцінити, проконтролювавши електромагнітне поле в розкриті антени або напругу на виході підсилювача радіочастоти. Проте з огляду на дуже малий рівень сигналу в цих точках інформаційного тракту радіоприймальних пристроїв (РПП) систем рухомого радіозв'язку, а також на необхідність опрацювання великих масивів даних оперативність виконання такого контролю обмежена. Тому зазвичай аналізують обвідну й параметри високочастотного заповнення напруги на виході основного тракту прийому РПП. Як датчики контролю якості каналів радіозв'язку використовують пристрої, що оцінюють відношення сигнал/шум (ВСШ) [1; 10].

Для вимірювання ВСШ у багатопроменевих радіоканалах, як правило, виконують перенесення високочастотного сигналу та шуму на нижчу частоту, а далі перетворену суміш сигналу й шуму піддають безпосередньому вимірюванню за допомогою нагромаджувальних вимірників миттєвої потужності, керованих ключів, блоків логарифмування, віднімання та запам'ятовування.

Як приклад таких пристроїв згадаймо технічні вирішення [2–4], що включають у себе два вимірювальні канали, кожний з яких, відстроений за частотою на частотне рознесення, містить послідовно з'єднані підсилювачі, пристрої встановлення початкових умов і детектори. До недоліків таких вимірювальних пристроїв слід віднести певну умовність і наближеність визначення ВСШ. Окрім того, маємо неоднозначність оцінки за наявності сильної завади. Адже тоді фіксується обернене до ВСШ значення внаслідок придушення слабого сигналу сильним у нелінійному елементі.

Мета статті — розробка та дослідження нового способу вимірювання ВСШ для адаптивних радіоліній мобільного зв'язку.

Основна частина

Способи обчислення значень ВСШ

У сучасних системах широкосмугового мобільного зв'язку абонентська станція (АС) постійно

приймає тестовий OFDM-сигнал, який зазнає впливу каналу зв'язку. На АС обчислюється та зберігається поточне значення ВСШ для кожної з підносійних, а також обчислюється середнє значення ВСШ усередненням збережених значень. Таким чином, при організації сеансу передавання даних з ініціативи як АС, так і базової станції (БС) на АС буде заздалегідь обчислено середнє значення ВСШ.

Для систем, що працюють у стандартах WIMAX (IEEE 802.16e) та LTE, мінімально припустиме значення ВСШ дорівнює 8 дБ [5]. На практиці такі системи функціонують при значеннях понад 12...15 дБ. Тому доцільно не обчислювати значення ВСШ, а визначати рівень обвідної сигналу на кожній підносійній. При цьому оцінку ВСШ можна знайти кількома способами.

Для обчислення середнього значення ВСШ необхідно взяти вибірку сигналу на тривалості не менш як двох-трьох завмирань (порядку 50 мс). Тоді середнє значення вибірки в часі статистично відповідатиме середньому значенню вибірки з різних підносійних одного символу (у певний момент часу). Завдяки цьому порівнянню довжину вибірки при усередненні значень із 512 підносійних можна дістати за суттєво менший (4–5 символів) час.

Знайдемо оцінку відносної помилки вимірювання для двох способів визначення ВСШ, використовуваних у системах цифрового радіозв'язку [1; 7–9]. Згідно з *першим способом* потужність P_c сигналу визначатиметься через вимірне значення обвідної сигналу та шуму: $P_c = \frac{(U_c + U_{ш})^2}{2}$. При цьому обчислювані значення ВСШ, виражені в децибелах, лінійно змінюються залежно від значення ВСШ на вході приймача (оскільки дорівнюють їм):

$$\text{SNR}_1 = 10 \lg \left(\frac{U_c/2}{P_{ш}} \right) = \text{SNR}. \quad (1)$$

Тут U_c — рівень обвідної сигналу; $P_{ш}$ — потужність шуму на вході приймача.

Другий спосіб передбачає вимірювання рівня потужності $P_{c,ш}$ суміші сигналу з шумом, вираженого в децибелах:

$$P_{c.ш} = 10 \lg \left[\frac{(U_c + U_{ш})^2}{2} \right] = 10 \lg \left[\frac{U_c^2 + U_{ш}^2 + 2U_c U_{ш}}{2} \right]. \quad (2)$$

Оскільки рівень потужності шуму дорівнює 1 (0 дБ), то вираз (2) після відповідних перетворень можна переписати як

$$\frac{P_{c.ш}}{P_{ш}} = 10 \lg \left[\frac{U_c^2 + U_{ш}^2 + 2U_c U_{ш}}{2P_{ш}} \right] = 10 \lg (1 + 2\sqrt{\text{SNR}} + \text{SNR}) - \text{SNR}_2. \quad (3)$$

Визначимо похибку вимірювання першого способу щодо другого залежно від поточного значення ВСШ на вході приймача. Нехай рівень потужності шуму становить 1 (0 дБ), а значення рівня потужності сигналу варіюються (щодо рівня потужності шуму) від 10^{-3} до 10^5 (від -30 до 50 дБ). Графіки залежності значень SNR_1 і SNR_2 від SNR наведено на рис. 1, а похибку вимірювання другого способу відносно першого унаочнює рис. 2.

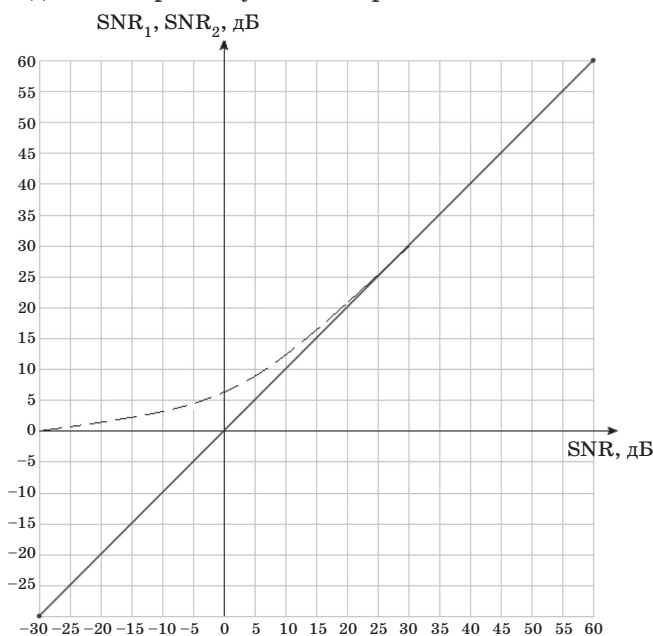


Рис. 1. Графіки залежності значень SNR_1 (суцільна лінія) і SNR_2 (пунктирна лінія) від SNR

$$\Delta = \text{SNR}_2 - \text{SNR}_1, \text{ дБ}$$

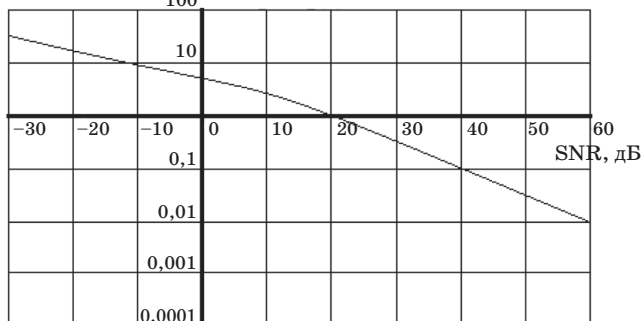


Рис. 2. Крива, що характеризує похибку вимірювання ВСШ згідно з другим способом відносно першого

Як показують здобуті залежності, відносна похибка вимірювання при ВСШ, що змінюється від 3 до 10 дБ, становить відповідно 4,6 і 2,4 дБ.

Тому для вимірювання рівня обвідної сигналу доцільно виконати узгоджену його фільтрацію після демодулятора (ця дія еквівалентна нагромадженню вихідного сигналу). Смуга узгодженого фільтра має бути менша за смугу сигналу, але більша від частоти завмирань сигналу в каналі зв'язку, з урахуванням того, що частота завмирань у каналі з розподілом Накагамі становить близько 60 Гц.

Сутність розробленого способу вимірювання ВСШ

Аналіз здобутих даних дозволив запропонувати новий спосіб вимірювання ВСШ для адаптивних радіоліній мобільного зв'язку. За основу було взято вимірювач ВСШ [4], в якому в двох сусідніх каналах здійснюється одночасне вимірювання: в одному — середньої потужності сукупних шумів, а в другому — сукупної середньої потужності адитивної суміші сигналу та шумів.

Виміряні значення потужностей далі використовуються для обчислення невідомої середньої потужності сигналу та ВСШ непрямим методом.

Смугові фільтри обох зазначених каналів мають однакові значення смуг пропускання, тоді як різниця центральних частот дорівнює подвоєній ширині їхніх смуг пропускання.

До недоліків зазначеного вимірювача слід віднести невеликий динамічний діапазон вірогідних вимірювань. Річ у тім, що при використанні цього пристрою в комплексах мобільного і безпроводового зв'язку, для яких характерне багатопроменеве поширення радіохвиль, у разі дуже малого шуму (завади) ефект модуляції практично непомітний. Навпаки, у разі дуже великого шуму (завади) ефект модуляції відчутний, але вона не пропорційна до ВСШ, а залежить тільки від рівня шуму (завади), що в умовах завмирань сигналу не дозволяє адекватно оцінити ВСШ.

Слід також зазначити, що за наявності прицільної завади в радіоканалі, де присутній сигнал, або в разі різної інтенсивності природних завад у різних каналах вимірювання середньої потужності шуму (завади) у каналі, де немає сигналу, призведе до виникнення помилки виміру.

Технічна особливість застосування розробленого способу полягає в тому, що спочатку вихідна реалізація багатопроменевого сигналу розбивається на інтервали, придатні і не придатні для радіозв'язку. Далі здійснюється апроксимація реалізації сигналу на кожному з інтервалів відповідним поліномом, а для формування результатуючої оцінки корисного сигналу виконується «склеювання» окремих інтервалів способом прогнозування. Цим самим підвищується вірогідність виділених фрагментів корисного багатопроменевого сигналу.

Результати імітаційного моделювання в середовищі MatLab показали, що використання розробленого методу дозволяє зменшити на 9–14% середньоквадратичну похибку та варіабельність оцінки фрагментів корисного багатопроменевого сигналу [6; 7].

Висновок

Пропонований спосіб може бути використаний у сучасних адаптивних системах радіозв'язку, адаптивних антенних системах та радіоприймальних пристроях систем радіомоніторингу для вимірювання ВСШ високочастотної адитивної суміші сигналу й шуму з апіорно невизначеною потужністю, коли йдеться про оцінювання поточної інформації стосовно завадо-сигнальної обстановки та рівнів сигналу й шуму (завад) на вході приймача з метою адаптації до них різних параметрів радіоприймальних пристроїв та основного каналу радіоприймання.

Література

1. Головин, О. В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О. В. Головин, С. П. Простов.— М.: Горячая линия–Телеком, 2006.— 598 с.
2. Богданович, Б. М. Радиоприемные устройства с большим динамическим диапазоном / Б. М. Богданович.— М.: Радио и связь, 1984.— С. 170–171.

3. Радиоприемные устройства / Под ред. Л. Г. Барулина.— М.: Радио и связь, 1984.

4. Патент RU 2332676, G01R 29/26, 09.01.2007. Устройство для измерения отношения сигнал/шум.

5. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития / [И. А. Гепко, В. Ф. Олейник, Ю. Д. Чайка, А. В. Бондаренко].— К.: ЕКМО, 2009.— 672 с.

6. Сайко, В. Г. Рекуррентный способ визначення глибини замирань сигналів в інтерактивній гетерогенній мережі мобільного зв'язку / В. Г. Сайко // Зв'язок.— 2013.— №3.— С. 54–56.

7. Сайко, В. Г. Спосіб виділення корисного сигналу в умовах недостатньої апіорної інформації / В. Г. Сайко, Д. О. Лисенко. // IV Міжнар. наук.техн. конф. «ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ», 09–10 квітня 2015 р: тези доповідей.— Київ–Полтава–Китовище–Париж–Орел–Харків.— С. 33.

8. Системи та мережі цифрового радіозв'язку: інженерно-технічний довідник / [Олійник В. Ф., Кривуца В. Г., Сайко В. Г., Булгач С. В.].— Ніжин: Вид-во «Аспект-Поліграф», 2011.— 612 с.

9. Слободянюк, П. В. Справочник для инженеров по радиомониторингу / П. В. Слободянюк, В. Г. Благодарный.— К.: 2012.— 720 с.

10. Рембровский, А. М. Радиомониторинг — задачи, методы, средства / А. М. Рембровский, А. В. Ашихмин, В. А. Козьмин.— М.: Горячая линия–Телеком, 2010.— 624 с.

V. G. Sayko, V. A. Breslavskyy, D. A. Lysenko

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ ДЛЯ АДАПТИВНЫХ РАДИОЛИНИЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Предложен анализ современных способов измерения отношения сигнал / шум и раскрыта техническая сущность разработанного нового способа его измерения, обеспечивающего повышение достоверности выделения огибающей многолучевого сигнала в адаптивных системах мобильной связи.

Ключевые слова: отношение сигнал/шум; адаптивные радиолинии мобильной связи.

V. G. Sayko, V. A. Breslavskyy, D. A. Lysenko

THE METHOD OF MEASURING THE SIGNAL/NOISE RATIO FOR ADAPTIVE MOBILE RADIO LINKS

An analysis of current methods of measuring the signal / noise ratio and technical nature of a new developed method that allowed to increase the reliability of the allocation of the envelope multipath signal in adaptive systems provider is proposed.

Keywords: the signal/noise ratio; adaptive mobile radio links.