

М.М. Климаш, Т.А. Максимюк, М.Я. Шеремета, Р.З. Козловський,
Національний університет "Львівська політехніка"

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТНО- ЧАСОВИХ РЕСУРСІВ В МЕРЕЖАХ GSM

© *Климаш М.М., Максимюк Т.А., Шеремета М.Я., Козловський Р.З., 2013*

М.М. Klymash, Т.А. Maksymyuk, М.Ya. Sheremeta, R.Z. Kozlovskiy,
Lviv Polytechnic National University

EFFICIENCY IMPROVING OF THE TIME-FREQUENCY RESOURCES UTILIZATION FOR GSM NETWORKS

© *Klymash M.M., Maksymyuk T.A., Sheremeta M.Ya., Kozlovskiy R.Z., 2013*

This article introduces the methods and techniques for improving of the spectral resources utilization effectiveness for GSM mobile network. We suggest the combined use of orthogonal multiplexing and dynamic frequency and channel allocation as an optimal solution for radio access network. Speech quality is an important measurement for the performance evaluation in a wireless mobile communication system since voice is still the most used service. The speech quality evaluation considered in this paper for GSM system employing narrowband and wideband AMR codecs with Orthogonal Sub Channel (OSC) technique. OSC feature proposes the way to double circuit switched capacity for GSM networks. It has introduced two new channel modes, namely Double Full-rate (DFR), and Double Half-rate (DHR), which have doubled capacity in comparison to legacy AMR channel modes. Many of the efforts in standardization are concentrated on studying hardware improvements lead by AMR DHR usage over AMR HR channel mode. Although AMR DFR has not brought hardware efficiency improvements over legacy channel modes, in this paper it is shown that speech quality is improved over AMR HR with the same blocking capacity. Therefore, it is a good solution for some interference-limited networks. Furthermore, we also investigate the speech quality of wideband AMR DFR codecs, which provides a substantial improvement when compared with narrowband AMR. As GSM uses the combination of frequency division multiple access and time division multiple access, the radio channel determines by the frequency slot and the timeslot. When a channel assignment needs to perform because of a newly initiated connection or handover, DFCA will evaluate all the possible channels and then choose the most suitable one in terms of CIR for the assignment. For this reason, an estimate of the CIR is determined for each available radio channel. The pairing of two users in the same radio channel is one of the most critical of all the aspects of radio resource management. The BSC can take advantage of the software-based pairing capability of DFCA to search for the best pair among several candidates. Although the BSC uses part of the DFCA algorithm for pairing, it is not necessary to synchronize BSS, as is usually the case when introducing DFCA. In standard mode, each GSM frequency channel can handle 8 or 16 users when using the FR-and HR-channel mode. Accordingly, the application of OSC to FR and HR calls, the 16 and 32 persons can occupy one frequency channel by double-FR (DFR) and double-HR (DHR), respectively. To maintain QoS parameters, there were introduced the restrictions for a range of using orthogonal subchannel. With use of OSC technique, we propose to distribute the subscribers to three service quality classes. Simulation results confirm the effectiveness of proposed methods, in terms of calls lost probability.

Keywords - orthogonal multiplexing, space division, bit error rate, spectral resource, mobile network

В статті проаналізовано методи та технології підвищення ефективності використання спектральних ресурсів мережі мобільного зв'язку GSM. Запропоновано сумісне застосування ортогонального об'єднання каналів та динамічної перебудови частотно-часових ресурсів. Для збереження параметрів QoS введено обмеження за дальністю дії ортогонального об'єднання. В зоні дії OSC запропоновано розподіл абонентів лише на три класи за якістю надання сервісу. Результати моделювання підтверджують ефективність використання методів ущільнення зменшенням імовірності втрати викликів.

Ключові слова - ортогональне об'єднання, просторове розділення, коефіцієнт бітових помилок, спектральний ресурс, мобільна мережа.

Вступ

Однією з проблем впровадження мереж четвертого покоління в існуючому пулі частот є недостатність радіочастотного ресурсу для забезпечення можливостей технології в повному обсязі та з високим рівнем якості для кінцевого абонента. Для функціонування мережі необхідною умовою є наявність широкої неперервної смуги частот.

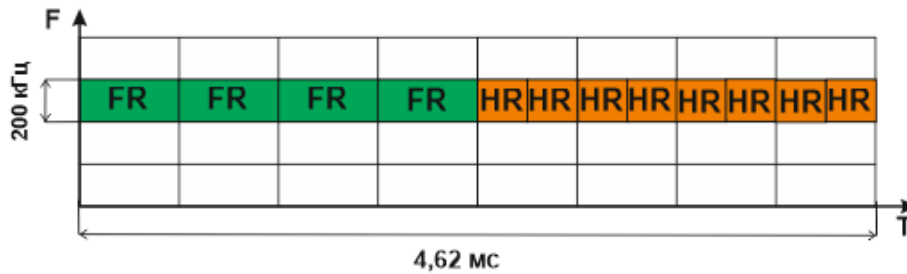


Рис. 1. HR і FR в GSM-мережах

В реальних умовах у оператора не завжди може бути вільна частотна смуга необхідної величини. Для виділення частотних ресурсів під мережі наступних поколінь необхідно в динамічному режимі проводити моніторинг вільних частотних каналів і здійснювати їх рефармінг таким чином, щоб забезпечити максимально широкі вільні смуги частот [1].

На сучасному етапі з метою економії використовуваного спектру в мережах стандарту GSM використовуються кодеки HR (Half Rate) та FR (Full Rate) на базі методів кодування AMR (Adaptive Multi Rate) (рис. 1).

В загальному випадку один частотний канал шириною 200 кГц може одночасно обслуговувати вісьмох абонентів (FR), а використовуючи кодек HR можливо обслуговувати шістнадцятьох.

Методи ефективного використання частотно-часових каналів

Одним із методів підвищення ефективності використання радіочастотного ресурсу є застосування технології OSC (Orthogonal SubChannel) – ортогонального об'єднання каналів.

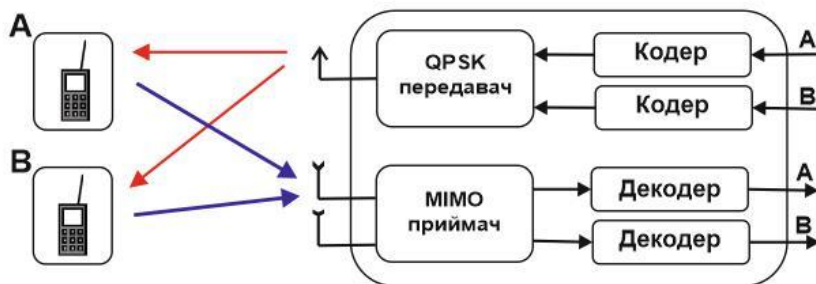


Рис. 2. Ортогональне об'єднання каналів

Алгоритм OSC здатен дублювати голосову ємність в каналах GSM, де два користувача можуть використовувати один і той же фізичний радіоресурс одночасно. Для правильного розділення сигналів користувачів кожен користувач повинен використовувати різні тренувальні послідовності, які повинні бути взаємно корельовані для досягнення максимальної продуктивності OSC.

При OSC у напрямку від абонента UL (канал “вверх”) на базовій станції застосовується MIMO розділення сигналів від абонентів на основі просторового розділення каналів (SDMA – Space Division Multiple Access). Суть просторового розділення полягає в тому, що різні передавальні антени передаватимуть різні частини блоку інформаційних символів або різні інформаційні блоки. Передача даних ведеться паралельно з двох або з чотирьох антен. На приймальній стороні здійснюється прийом і розподіл сигналів різних антен, і стає можливим збільшення максимальної швидкості передачі даних в 2 або в 4 рази.

В даному випадку при використанні технології OSC достатньо обладнати базові станції двома приймальними MIMO антенами (дві передавальні антени – дві мобільні станції), що збільшить пропускну спроможність мережі у два рази, тобто обслуговувати двох абонентів у одному частотно-часовому каналі.

У напрямку від абонента до базової станції DL (канал “вниз”) базова станція посилає двом користувачам OSC єдиний QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) модульований сигнал, який може бути підмножиною 8-PSK сузір'я, де найстарший біт містить інформацію для користувача підканалу 0, а молодший біт містить сигнал для користувача підканалу 1. Завдяки технології EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), яка при передаванні даних використовує фазову багатопозиційну модуляцію (8-позиційну) 8-PSK (Phase Shift Keying), алгоритм OSC “зашиває” QPSK у 8-PSK, передаючи лише чотири точки сузір'я [2].

Мобільний термінал здатен декодувати цей сумарний сигнал як звичайний GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) сигнал. Однак, через багатопроменеве поширення, ортогональні властивості між сигналами обох абонентів зменшується на міжсимвольній інтерференції між двома сигналами. Одним із прикладів для подавлення міжканальної інтерференції на приймальній стороні є алгоритм SAIC (Single Antenna Interference Cancellation). Саме він використовується у мобільних пристроях з 2003 року завдяки своїм економічним та якісним показникам.

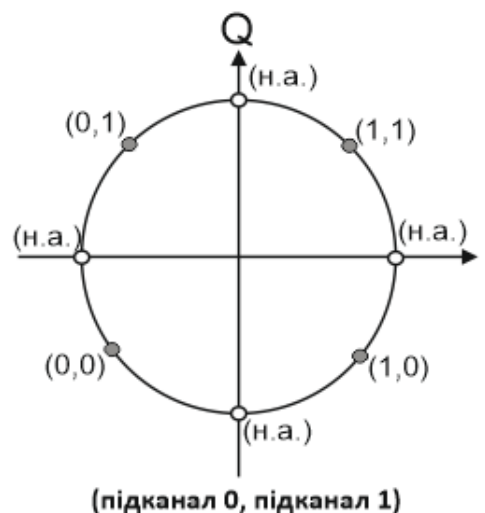


Рис. 3. Підмножина сузір'я 8-PSK у каналі "вниз"

Найбільш суттєвим недоліком методу ортогонального об'єднання каналів є обмеженість зони дії даної технології.

Для застосування методу ортогонального об'єднання каналів вводиться умовне обмеження, а саме рекомендовано її застосовувати у ближній та середній зонах дії базової станції (вище рівня -93

дБп) [3]. Дане обмеження вжито для збереження параметрів якості передачі голосу для кінцевого абонента.

Визначимо ефективну відстань для дії OSC у густонаселеному пункті. Для цього використаємо модель Окамура-Хата, яка дозволяє визначити втрати при поширенні радіохвиль в залежності від відстані при заданій частоті несучої, густоті населеності території, висоті базової станції (ефективне значення для GSM системи вважаємо 30 м) та висоті мобільної станції (ефективне значення для GSM системи вважаємо 1.5 м). Візьмемо модель для урбанізованих (густонаселених) територій.

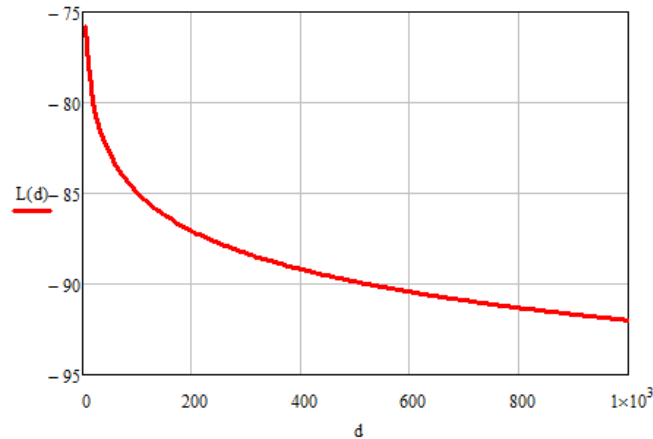


Рис. 4. Модель Окамура-Хата для OSC

Оскільки модель Окамура-Хата зображує залежність втрат, що зазнає сигнал при поширенні, то внесемо додатковий доданок, який характеризує рівень потужності передача базової станції та віднімемо втрати (рис. 4). Бачимо, що ефективне використання технології OSC є у межах від 400 до 500 метрів від розміщення базової станції. Проте, з іншої сторони, обмеження по дальності роботи технології ортогонального об'єднання каналів суттєво не вплине на ущільнення частотно-часового ресурсу на території за містом, де відстані між базовими станціями можуть сягати декількох кілометрів.

Використовуючи кодеки FR і HR на базі алгоритму кодування AMR та технологію ортогонального ущільнення каналів абонентів мережі умовно можна розділити на чотири класи за якістю обслуговування (рис. 5).

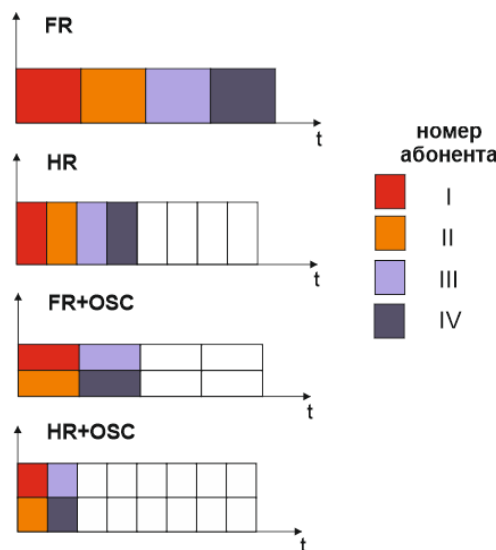


Рис. 5. Займання ресурсів абонентами різних класів

Для кількісної оцінки стиснення спектру стільникової мережі введемо наступні коефіцієнти:

- fr – показує частку абонентів FR;
- dfr – показує частку абонентів FR+OSC (DFR);
- hr – показує частку абонентів HR;
- dhr – показує частку абонентів HR+OSC (DHR).

Введемо також поняття коефіцієнту ущільнення:

$$A = fr + 1/2 dfr + 1/2 hr + 1/4 dhr \quad (1)$$

Виконавши елементарні арифметичні операції, отримаємо:

$$A = fr + 1/2(dfr + hr) + 1/4 dhr \quad (2)$$

Коефіцієнт ущільнення показує яку частку спектральних ресурсів можна вивільнити. Тоді у зоні дії OSC будуть наявні лише абоненти трьох класів, а саме: FR, DFR, DHR.

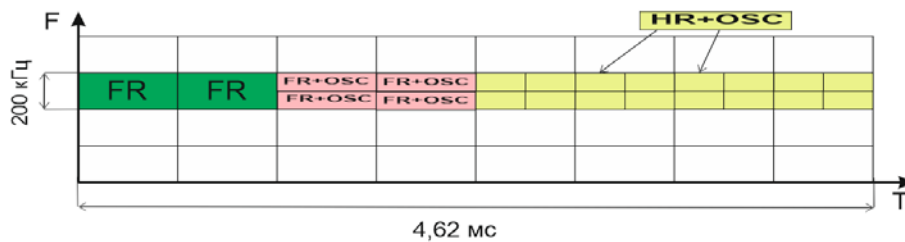


Рис. 6. Класи абонентів у ближній та середній зонах

Ще одним методом підвищення ефективності використання спектральних ресурсів технології GSM є DFCA (Dynamic Frequency and Channel Allocation) [4]. Даний метод базується на зборі статистичних даних про стан мережі та вибір частотно-часового каналу реалізується на основі найкращого відношення сигнал / шум.

У контролері базових станцій формується матриця перешкод для всіх вільних часових каналів, всіх заданих наборів частот (MA - Mobile Allocation) і стрибків по частоті (MAIO - Mobile Allocation Index Offset). При встановленні нового виклику або хендоверу аналізується клас абонентської станції та потрібне для неї відношення сигнал/шум, потім вибираються ресурси (часовий канал, набір частот, зсув стрибків по частоті), що забезпечують необхідне значення сигнал/шум.

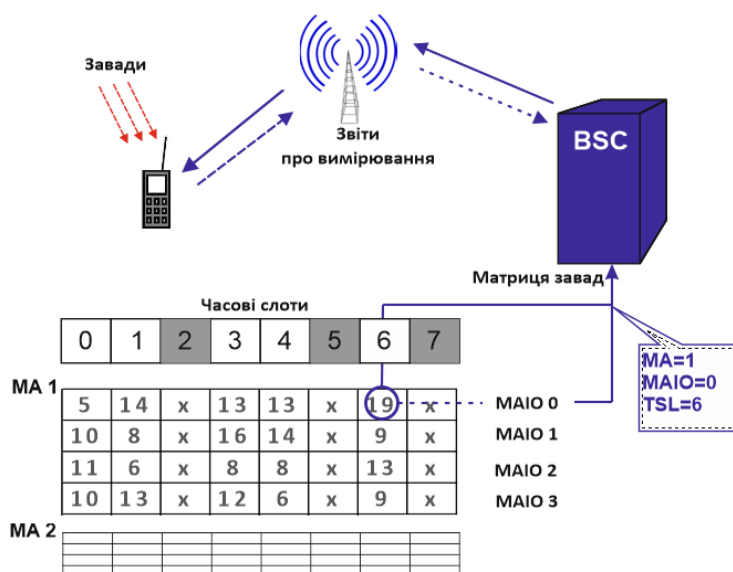


Рис. 7. Динамічний вибір частотно-часового каналу

Цей метод є дієвим при боротьбі з міжканальними завадами та при вирішенні проблем синхронізації, а також його використання разом із технологією OSC дозволяє вибрати найкращу абонентів для обслуговування в режимі дублювання при ортогональному об'єднанні двох сигналів від абонентів.

Результати використання DFCA відображені на рис. 8. Показано залежність відсотка невдалих спроб встановлення з'єднання від завантаженості частотно-часового ресурсу (EFL - Effective Frequency Loaded) [5]. Як бачимо, що при використанні алгоритму DFCA показники роботи мережі є суттєво кращими, аніж без нього.

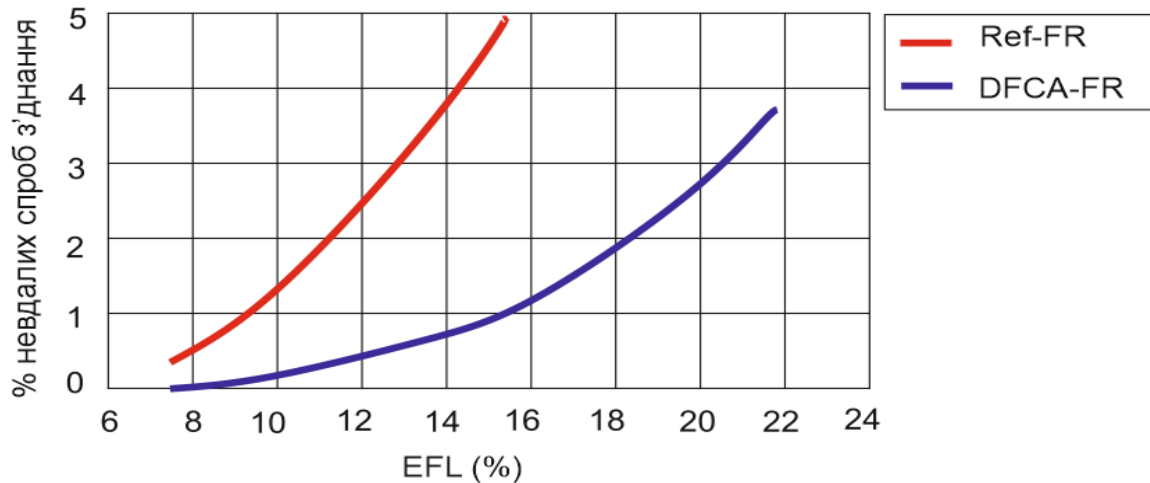


Рис. 8. Ефективність алгоритму DFCA

Завдяки використанню даного методу можна збільшувати кількість абонентів, яким надається сервіс в режимі дублювання (при використанні технології OSC).

Моделювання процесу обслуговування абонентів

Робота моделі розділюється на два етапи:

- 1) Етап статичного моделювання, при якому немає поділу на категорії абонентів. В цьому етапі при надходженні заявки на обслуговування здійснюється перевірка наявності вільного частотно-часового каналу та при його відсутності абонент заноситься в чергу на відбій;
- 2) Другий етап – етап динамічного моделювання, при якому використовуються технології ортогонального об'єднання каналів та динамічної перебудови частотно-часових каналів. Зрозуміло, що в цьому етапі збільшується ємність мережі та зменшуються імовірність втрати викликів.

Розглянемо результати роботи запропонованої та описаної вище. Дана модель враховує обмеження зони дії технології ортогонального об'єднання каналів та відповідно абоненти, які знаходяться поза цією зоною не можуть отримати послуги в режимі дублювання.

На рис. 9 відображені результати роботи програми обслуговування вхідного навантаження від абонентів GSM мережі. Як вхідні параметри були:

- ширина спектру (3.4 МГц);
- інтенсивність надходження викликів в систему (80 викл/хв);
- середня тривалість виклику (за статистичними даними ця величина рівна 81 секунда);
- тривалість моделювання (24 години).

На графіку відображені результати моделювання імовірності втрат викликів від інтенсивності вхідного навантаження. Синя крива відображає імовірність втрат для динамічної роботи системи обслуговування викликів, а червона крива – статичної роботи.

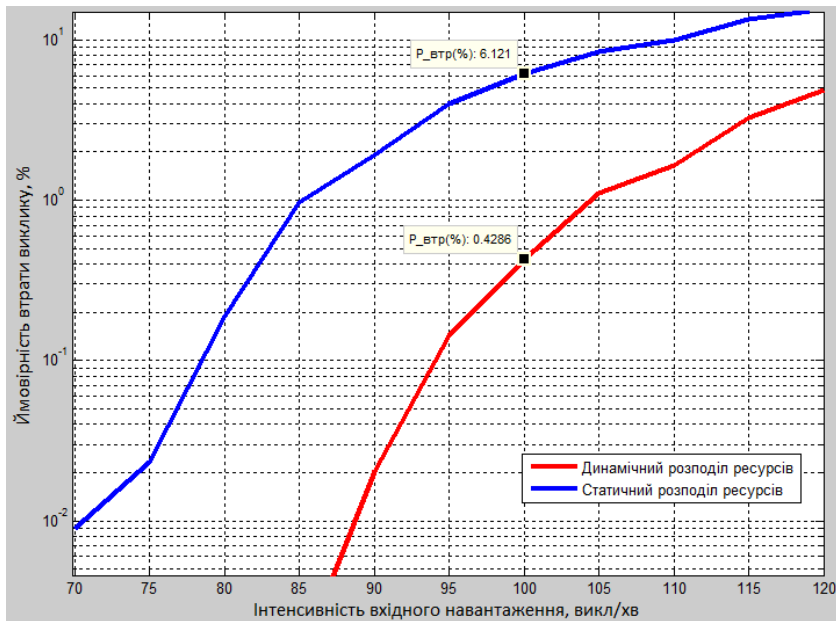


Рис. 9. Залежність імовірності втрат від інтенсивності викликів

При інтенсивності навантаження 100 викликів на хвилину отримуємо значний вигравш в якості обслуговування - в 14 разів. Цей вигравш можна використати для покращення якості обслуговування абонентів, тобто збільшити кількість FR-абонентів (найвищого класу якості обслуговування), і втрати не будуть змінні при введенні динамічної системи обслуговування, а якість зросте. Або ж можна звільнити спектральний ресурс для впровадження та розвитку мобільних мереж наступних поколінь.

Висновок

Використовуючи алгоритми ортогонального ущільнення та динамічної перебудови каналів, досягаємо ефективнішого використання радіочастотного ресурсу GSM-мережі та, завдяки їх одночасній роботі, забезпечуємо високий рівень якості обслуговування за умови обмеженого доступу до частотно-часового ресурсу. Поділ абонентів на класи за якістю обслуговування дозволяє залишити надання сервісу в належних рамках.

Введення коефіцієнту ущільнення дозволяє в числовому вигляді оцінити зайнятість GSM-каналів і, як наслідок, – можливе надання вільної частини спектру для обслуговування абонентів мережі іншого покоління, яка працюватиме у спільному діапазоні частот.

Під час моделювання при інтенсивності навантаження 100 викл./хв. отримуємо значний вигравш в імовірності втрат викликів - в 14 разів (на 5.5 %). Цей вигравш можна використати для покращення якості обслуговування абонентів, тобто збільшити кількість FR-абонентів найвищого класу якості, і втрати не зміняться при введенні динамічної системи обслуговування, а якість зросте; або ж можна звільнити спектральний ресурс для впровадження та розвитку мобільних мереж наступних поколінь.

1. M. Jo, T. Maksymyuk, M. Kyryk and L. Han, "Cognitive Radio Approach for LTE Deployment". In Proc. IEEE International Conference on The IXth International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH 2013), p.63-64, Apr. 2013. 2. Jyrki T.J. Penttinen, Francesco D. Calabrese, David Valerdi, Inigo Guemes. Performance Model for Orthogonal Sub Channel in Noise-limited Environment. IEEE – 2011. – 15 p. 3. Paiva R. C., Vieira, R. D., Iida, R., Tavares, F. M., Saily, M. Improving the Speech Quality with OSC: Double Full-rate Performance Assessment. IEEE – 2010. – 5 p. 4. Nokia Siemens Networks. Technology brief. Doubling GSM voice capacity with the Orthogonal Sub Channel. – 2009. – 12 p. 5. Timo Halonen, Javier Romero, Juan Melero. Gsm, GPRS and EDGE performance (second edition). – 2003. – 656p.