

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ЧАСТОТНО-ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ LTE

Шумков І.М., Андрущенко О.В., Москалець М.В.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського»,
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

E-mail: ivan.shumkov@nure.ua,
oleh.andrushchenko@nure.ua,
mykola.moskalets@nure.ua

Abstract

The synthesis of mathematical model of linear antenna array in MATLAB software package is presented. The results of mathematical modeling are presented. The analysis and comparison of the performance of LMS and RLS algorithms is carried out. The comparison takes into account various criteria, including amplitude response (grating coefficient), convergence time, acquisition and tracking of the desired useful signal. Recommendations on the applicability of Smart-antenna technologies in 5G New Radio mobile communication systems are given.

Концепція частотно-територіального планування базових станцій в мережах LTE

Конфігурація частотного кластера безпосередньо впливає на ємність всієї мережі загалом. В мережах мобільного зв'язку мають місце моделі «жорсткого», «дробового» і «м'якого» повторного використання частот.

При «жорсткому» повторному використанні частот вся робоча смуга частот розділена на фіксовану кількість смуг, які призначаються стільникам, що входять до кластера. Таким чином виключається можливість виникнення міжстільникової інтерференції у кластері, тобто призначення тих самих смуг частот в стільниках кластера неприпустимо.

При «дрібному» повторному використанні частот вся робоча смуга частот розділена на фіксовану кількість смуг. У кожному стільнику, що входить до кластеру, для «найближчих» користувачів використовується одна і та сама смуга частот. У цьому варіанті всі стільники не до кінця використовують робочу смугу частот, т.к. інші смуги частот розподілені між базовими станціями кластеру для обслуговування «дальніх» користувачів. Розподіл цих смуг частот на межах стільників здійснюється з урахуванням виключення можливості виникнення міжстільникової інтерференції в кластері.

При «м'якому» повторному використанні частот вся смуга частот розділена на фіксовану кількість смуг. Кожен стільник кластера використовує всю смугу робочих частот, але одна зі смуг частот виділяється користувачам, що знаходяться на межі стільника («дальнім» користувачам). Розподіл цих смуг частот на межах стільників, що входять до кластера, здійснюється з урахуванням виключення можливості виникнення міжстільникової інтерференції в кластері. У разі «м'якого» повторного використання частот кожна базова станція використовуватиме всю робочу смугу частот, і коефіцієнт повторного використання частот у мережі залежить лише від кількості базових станцій у мережі. При «дробовому» повторному використанні частот вся робоча смуга частот використовується лише кластері, і коефіцієнт повторного використання частот в мережі залежить від розмірності кластера і параметрів морфоструктури мережі.

Отже, застосування «м'якого» повторного використання частот призводить до зростання ємності мережі та збільшення коефіцієнта повторного використання частотного ресурсу мережі. Застосування «дробового» повторного використання частот є менш ефективним.

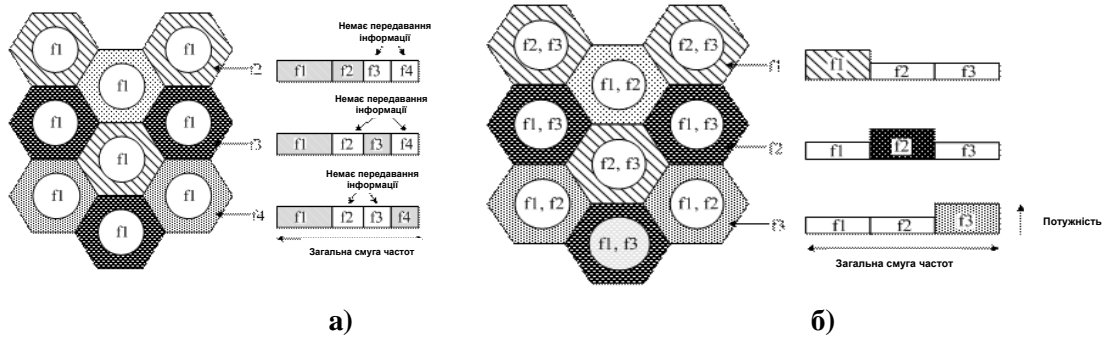


Рис. 1. Побудова мережі на основі несекторованих кластерів:
а – з «дробовим» повторним використанням частот;
б – з «м'яким» повторним використанням частот

Слід зазначити, що застосування секторних антен в даному конкретному варіанті поділу загальної смуги частот на піднесучі дозволяє добитися повного використання частотного ресурсу в стільнику і збільшити, тим самим, коефіцієнт повторення частот у мережі, який буде дорівнювати кількості базових станцій в мережі. Приклад секторованого кластера розмірністю (7, 21) при повторному м'якому використанні частот наведено на рис.2. Однак при цьому не виключається можливість інтерференції від сусідніх стільників (секторів). Тут загальний частотний ресурс поділяється на смуги частот на семи частот. Для "ближніх" користувачів у центрі рот використовуються по чотири смуги частот. Для "далеких" користувачів у секторах на краю рот, що утворюють кластер, використовується по одній смузі частот. Таким чином, "далекі" користувачі не будуть відчувати інтерференцію від сусідніх сот. Усі базові станції кластера використовують повністю частотний ресурс.

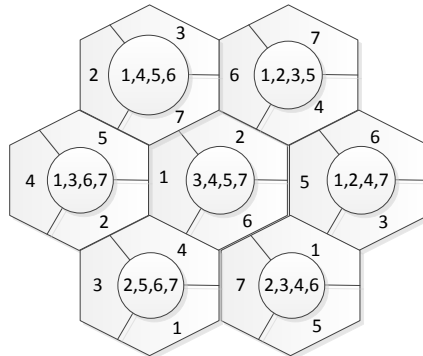


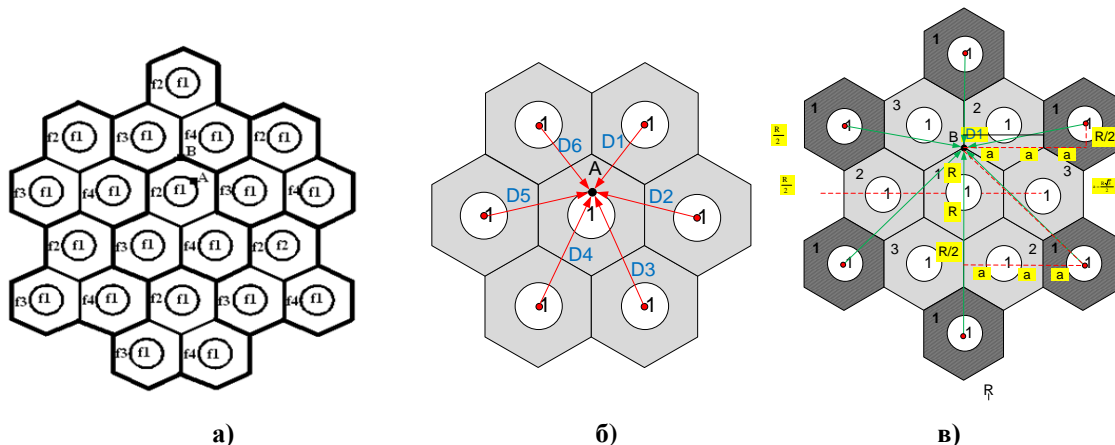
Рис. 2. Варіант «гібридного» кластеру стільникової мережі LTE на основі секторованих стільників з «м'яким» повторним використанням частот

Аналітична модель завадових впливів у кластері з м'яким розподіленням частотного ресурсу

На рис. За представлено модель з м'яким розподіленням частотного ресурсу. Особливістю даної моделі є те що частоти ближніх абонентів однакові в усіх комірках. Точки А і В відображають розміщення мобільного абонента у межах стільників кластеру.

Початок розрахунку енергетики сигналів і завад в кластері полягає в тому що необхідно визначити інтервал захисної відстані $D1..D6$ від передавача базової станції, до приймача мобільної станція яка знаходиться на краю стільника (точка А або Б).

Ключовим моментом при аналізі міжстільникової інтерференції в кластері є значення соко-нальних завад β_i визначаються співвідношенням [1]:



а) варіант положення мобільного абонента на границі стільника в точці А і В;
 б) захисні відстані від БС, що впливають на мобільного абонента в точці А
 в) захисні відстані від БС, що впливають на мобільного абонента в точці В

$$\beta_i = \left(\frac{D_{AC-BC_i}}{R} \right)^{-k} = \left(\frac{D_i}{R} \right)^{-k} \quad (1)$$

Параметр, що визначає діапазон випадкових флуктуацій рівня сигналу в точці прийому (для стільникових систем $\alpha = 6 \dots 12$ дБ) можна визначити [1]:

$$\alpha_M^2 = \frac{1}{\gamma^2} \ln \left[1 + \left(e^{\gamma^2 \alpha^2} - 1 \right) \frac{\sum_{i=1}^M \beta_i^2}{\sum_{i=1}^M \beta_i} \right], \quad (2)$$

В свою чергу, середньоквадратичне відхилення завадових сигналів визначається як:

$$\alpha_p = \sqrt{\alpha^2 + \alpha_M^2},$$

Відсоток часу $P(C)$, протягом якого відношення сигнал/взаємна завада ρ_0 на вході приймача буде менше допустимого значення можна визначити, використовуючи співвідношення:

$$P(C) = \left[\frac{1}{2\pi} \int_X^\infty e^{-\frac{x^2}{2}} dx \right] 100\%, \quad (3)$$

Інтеграл (3) є табулірованою Q – функцією. Нижня межа інтегрування в (3) визначається співвідношенням:

$$X = \frac{10 \lg \frac{1}{\beta_M} - \rho_0}{\alpha_p}, \quad (4)$$

де ρ_0 - мінімально допустима величина відношення сигнал/взаємна завада, дБ;
 β_M - визначається виразом:

$$\beta_M = \sum_{i=1}^M \beta_i \exp \left(\frac{\gamma^2 (\alpha^2 - \alpha_M^2)}{2} \right). \quad (5)$$

Значення β_M залежать від виду діаграм спрямованості антен (ДСА), використовуваних на базових станціях (кругова або секторна).

Знаючи величину X , по таблиці значень Q -функцій знаходимо відсоток часу, протягом якого відношення сигнал/завада на вході приймача мобільної станції при обраній розмірності кластера C буде нижче припустимої величини ρ_0 . Якщо виконується нерівність $P(C) \leq P_t$, то отримане значення частотного параметра C задовольняє заданим вимогам (P_t – допустиме значення відсотка часу протягом якого відношення сигнал/взаємна завада ρ_0 на вході приймача задовольняє стандарту LTE). Якщо ж $P(C) > P_t$, то необхідно шукати нове значення розмірності кластера.

На рисунку 4 представлені моделі «гібридного» кластеру стільникової мережі LTE на основі секторованих стільників з «м'яким» повторним використанням частот і варіантів розрахунку захисної відстані D для точки A при відношенні радіусів стільників $R=1,5r; 2r; 2,5r$.

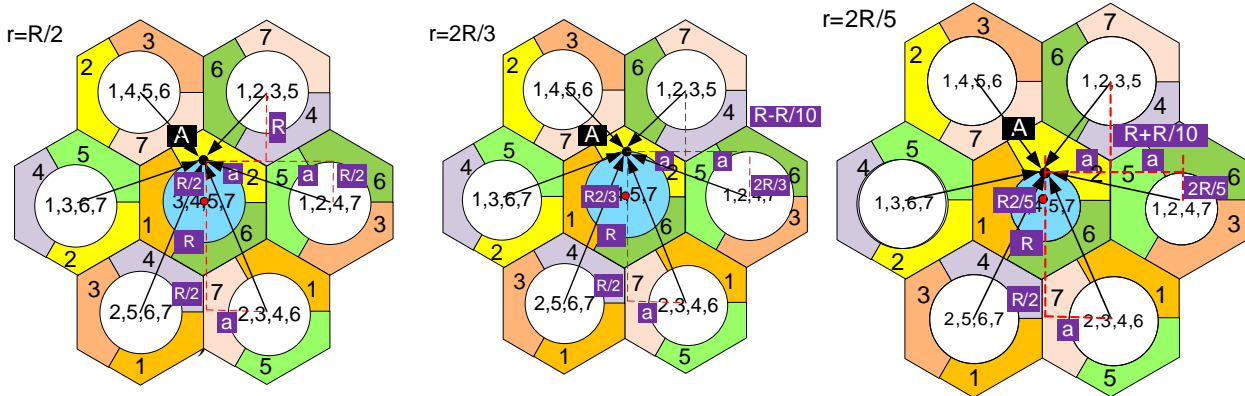


Рис. 4. Розрахунок захисної відстані D для точки A :

- а) варіант співвідношення радіусів $R=2r$;
- б) варіант співвідношення радіусів $R=1,5r$;
- в) варіант співвідношення радіусів $R=2,5r$;

На рисунку 5 представлена модель «гібридного» кластеру стільникової мережі LTE на основі секторованих стільників з «м'яким» повторним використанням частот і варіантів розрахунку захисної відстані D для точки B .

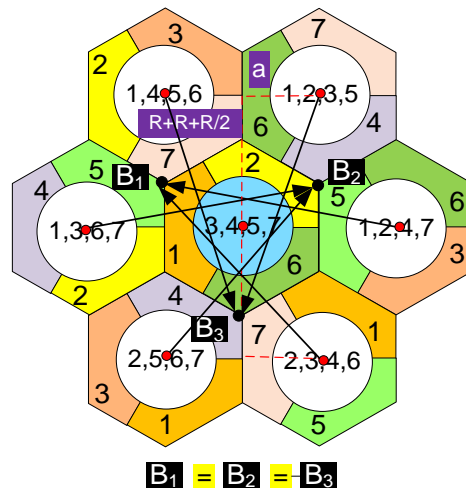


Рис.5. Розрахунок захисної відстані D для точки B

Результати моделювання

В результаті математичного моделювання в середовищі MATLAB, проведено розрахунки параметрів ефективності територіальних планів за критерієм можливості виникнення міжстільникової інтерференції в кластері. В табл.1 представлені результати моделювання розрахунків параметрів ефективності територіальних планів

Таблиця 1. Повний розрахунок параметрів ефективності територіальних планів

Розмірність кластеру / ДСА		X	Q	P(C),%
C=3 Для R/r=2	$\varphi=360$	0.1642	0.4364	43.64
	$\varphi=120$	0.7609	0.4443	44.43
	$\varphi=60$	1.2993	0.0985	9.8
Розмірність кластеру / ДСА		X	Q	P(C),%
C=3 Для R/r=2,5	$\varphi=360$	0.7458	0.2297	22.97
	$\varphi=120$	0.1558	0.4404	44.04
	$\varphi=60$	0.4073	0.3446	34.4
Розмірність кластеру / ДСА		X	Q	P(C),%
C=3 Для R/r=1,5	$\varphi=360$	0.2705	0.3936	39.36
	$\varphi=120$	0.2043	0.4207	42.07
	$\varphi=60$	0.2392	0.4090	40.90

Таблиця 2. Розрахунок параметрів ефективності територіальних планів

	Сценарій 1	Сценарій 2	Сценарій3(запропонований)
	Ближні абоненти (Точка А)		
Варіант1 $r=2R$	P(C) – 43.64	P(C) – 36.69	P(C) – 9.34
Варіант2 $r=2R/5$	P(C) – 22.97	P(C) – 31.21	P(C) – 12.1
Варіант3 $r=2R/3$	P(C) – 39.36	P(C) – 26.76	P(C) – 8.69
	Віддалені абоненти (Точка В)		
	Сценарій 1	Сценарій2	Сценарій3
	P(C) – 30.8	P(C) – 30.8	P(C) – 4.8

Аналіз результатів моделювання

З аналізу даних таблиці 1 щодо значень відсоток часу P(C), протягом якого відношення сигнал/взаємна завада ρ_0 на вході приймача буде менше допустимого значення можемо зробити висновки, що ці результати нас не влаштовують, бо ефективність цих моделей низька.

Перевагою використання моделі «гібридного» кластеру, що перед звичайними моделями є менший рівень міжстільникової інтерференції від базових станцій, що повторюють смуги частот і як наслідок цього – менша ймовірність відмови. Разом з тим, розширюється використовуваний діапазон частот і зменшується число каналів обслуговування однією базовою станцією.

Висновки

Установка різних потужностей передачі ресурсних блоків забезпечує можливість застосування в мережі мобільного зв'язку стандарту LTE різних моделей повторного використання частот, починаючи від повного повторного використання з рівною потужністю для всіх ресурсних блоків та переходячи до «жорсткого», «дробового» та «м'якого» повторного використання частот. Повне повторне використання частот передбачає використання кожним стільником, незалежно від розташування абонентів у стільнику, всієї смуги частот.

Література

1. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / Поповський В.В., Сабурова С.О., Олійник В.Ф., Лосев Ю.І., Агеев Д.В. та ін.; За загальною редакцією В.В.Поповського. – Х.: СМІТ, 2006. – 564 с.
2. Плотников Н.Д., Зубченко Ю.О. Оценка территориально-частотных сотовых систем связи, использующих малоразмерные кластеры [Текст]: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник «Радиотехника» / Н.Д.Плотников, Ю.О. Зубченко – Х.: Изд-во ХНУРЕ. Сб. Вып. 142.– 2005. – С.163-166.