

# МЕТОДИКА ПОБУДОВИ ФЕМТОСТІЛЬНИКІВ У МЕРЕЖАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Савченко Р.О., Селіванов К.О., Москалець М.В.

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

E-mail: roman.savchenko1@nure.ua,  
mykola.moskalets@nure.ua,  
sunright@yandex.ua

---

## Abstract

*The analysis of effective methods of spatial arrangement of elements of a mobile communication network is carried out. The paper considers the options of structural transformations that increase network performance through the use of macro- and microcellular cells, which are effectively used in places of dense cluster groups of subscribers. Frequency allocation models used for resource allocation for both macrocells and femtocells have been proposed to ensure the coexistence of both networks and to minimize interference as much as possible.*

---

Метою будь-якої схеми розподілу частот є підвищення загальної продуктивності системи і збільшення спектральної ефективності обмеженої смуги частот. У кожній схемі ми використовуємо добре відомий метод розподілу частоти для роботи макростільників з акцентом на тих, що залежать від концепції повторного дробового використання частоти (FFR), яка вперше була запропонована в мережах GSM, оскільки вона доводить вирішення проблеми поганого покриття в зоні краю, що представляє велику проблему для будь-якої мобільної стільникової системи [1]. Потім ми пропонуємо методи розподілу частотних ресурсів для фемтостільників, щоб ці методи узгоджувалися з методами роботи макростільника для підвищення загальної продуктивності системи. Ми гарантуємо, що всі запропоновані нами схеми статичні і не вимагають будь-якої сигналізації між макро і фемто стільниками. У роботі використовуються наступні добре відомі схеми розподілу частот: повторне використання-1, повторне використання-3, м'яке повторне використання частоти (SFR), часткове повторне використання частоти (PFR), і м'яке дробове повторне використання частоти (SFFR).

Вивчається схема повторного використання-1 у даній роботі для порівняння з іншими схемами. Універсальна схема повторного використання (або Повторне використання-1) призначає всі частотні ресурси для повторного використання усіма макростільниками та фемтостільниками, що існують у системі. Головною перевагою схеми повторного використання-1, є можливість використання всіх доступних частотних ресурсів і, отже, збільшення спектральної ефективності обмеженої смуги пропускання. Зазвичай це відбувається за рахунок кількості завад, що генеруються в системі. Оскільки всі макростільники та фемтостільники спільно використовують однакову пропускну здатність одночасно, щоб забезпечити послугу для своїх підключених ОК, кількість ІСІ міжстільникових завад стає дуже високою, особливо для малих макростільників. Схема повторного використання-1 також призводить до проблеми з покриттям через поганий коефіцієнт SINR для тих МОК, які далеко не обслуговують БС на краю макростільника через заваду передачі сусідніх макростільників [2]. Схема повторного використання-1 також призводить до серйозної проблеми для внутрішнього МОК, яке дуже близьке до активних передавальних фемто-БС.

На рисунку 1 описано роботу схеми повторного використання-1, в якій всі макростільники використовують всю смугу частот в одних і тих же тимчасових інтервалах з опорної потужністю передачі РМ. Фемтостільники також застосовують концепцію повторного використання-1 таким чином, що вони використовують однаково всю смугу частот одночасно з макростільниками, але з обмеженою потужністю передачі РМ.

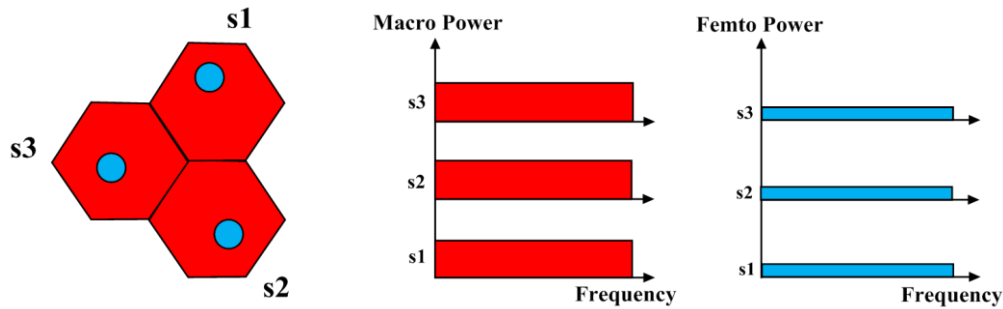


Рис. 1. Схема повторного використання-1

Повторне використання-3 довело, що воно може забезпечити найкращі показники серед різних факторів повторного використання. У схемі повторного використання-3 вся смуга частот поділяється порівну на три піддіапазони таким чином, що кожному стільнику присвоюється лише один з доступних піддіапазонів, а смуга частот повторно використовує кожні три стільники, а не кожен стільник, як у випадку повторного використання-1. Можемо помітити, що кількість міжстільникових завад ІСІ значно зменшилася через обмеження більшості домінуючих завад, працюючи на різних піддіапазонах, в той же час спектральна ефективність обмежених частотних ресурсів також зменшилася, витрачаючи їх більшу частину, щоб уникнути втручання.

На рисунку 2 описується робота схеми повторного використання-3.

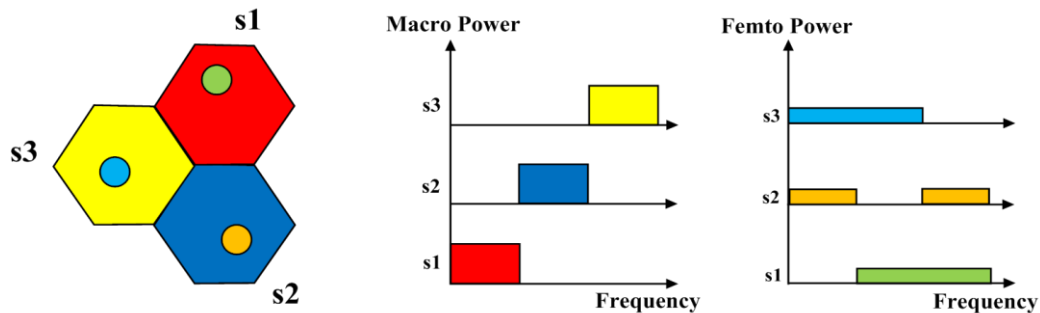


Рис.2. Схема повторного використання-3

Кожен макростільник розділений на три різні сектори, і кожен сектор обслуговується різною спрямованою антеною. Трьом секторам присвоюються три різні піддіапазони таким чином, що завади обмежуються лише одним сектором (замість 3 у випадку повторного використання-1), який працює на тих самих піддіапазонах у сусідніх макростільниках. Рівень потужності передачі в кожному секторі встановлений як  $3P$ , де  $P$  - еталонний рівень потужності, що використовується при передачі повторного використання-1. Для роботи фемтостільників пропонується, щоб фемтостільники в кожному секторі працювали на двох залишкових піддіапазонах, які не використовуються макростільниками. Ця процедура забезпечує майже повне розділення частот між макростільниковою та фемтостільниковою мережами, але за рахунок спектральної ефективності.

## Література

1. Поповський В. В. Основи теорії телекомунікаційних систем / В. В. Поповський - LAPLAMBERT: Academic Publishing, 2018. - 565 с.
2. Хачіров Е.Ф., Селіванов К.О. Методи використання фемтостільників у системах мобільного зв'язку 4G / Е.Ф.Хачіров, К.О. Селіванов // XXVI Міжнародна науково-практична конференція «Topical issues of practice and science», Великобританія. Лондон, 18-21 мая 2021. – С.762-764.