

ТЕХНОЛОГІЇ ВІРТУАЛЬНИХ СТІЛЬНИКІВ У МЕРЕЖАХ П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ 5G

Казачінер К.А., Кравчук С.О.

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: kazachinerkiril@gmail.com*

Technologies of the Virtual Small Cells in 5G-Networks

Proposed an approach for the virtual small cell formation in 5G networks. Provided the mathematical algorithm for using virtual cells by which the overall network capacity can be significantly increased.

Для задоволення потреб користувачів та подолання викликів, висунутих у системі 5G, необхідна суттєва зміна стратегії проектування безпроводової стільникової архітектури мережі 5G. Одною з перспективних технологій розвитку мереж п'ятого покоління – є впровадження технології віртуалізації на мережевому рівні, рівні додатків, а також й віртуалізації стільників. В даній роботі запропоновано новий підхід до формування віртуальних малих стільників для мереж 5G, в якому підмножина кваліфікованих користувачів обирається як базові станції віртуальних малих стільників, що зв'язують інших користувачів з базовою станцією макросоти [1].

Ущільнення малих стільників є перспективною технікою у п'ятому поколінні (5G) мобільних мереж для підтримки очікуваного різкого збільшення швидкості передачі даних. У цій техніці макросота або гаряча точка з дуже високим попитом на трафік поділяються на менші стільники, в яких користувальницьке обладнання (UE), замість підключення до підмножини БС макросоти, підключені до підмножини БС малих стільників, яка обслуговує менше UE, з меншою відстані, ніж у підмножини БС макросоти. Використовуючи цей підхід, доступна смуга пропускання може бути повторно використана для внутрішніх повідомлень малих стільників. Цей результат у поєднанні зі збільшенням співвідношення сигнал/шум на рівні зв'язку може призвести до суттєвого збільшення загальної ємності мережі.

В даному дослідженні ми припускаємо, що кожен UE, незалежно від інших UE, переходить до режиму БС малих стільників з певною вірогідністю α .

Підмножина БС малих стільників та обслуговуючі UE у режимі користувача складають два незалежних процеси Пуасона з щільністю:

$$\lambda_b = \alpha\lambda \text{ та}$$

$$\lambda_u = (1 - \alpha)\lambda$$

Нормалізована щільність підключених UE через підмножину БС малих стільників, порівняно з імовірністю вибору режиму БС, α для різних значень \bar{n} зображено на рис.1. Де n - середня кількість підключених користувачів до малого стільника.

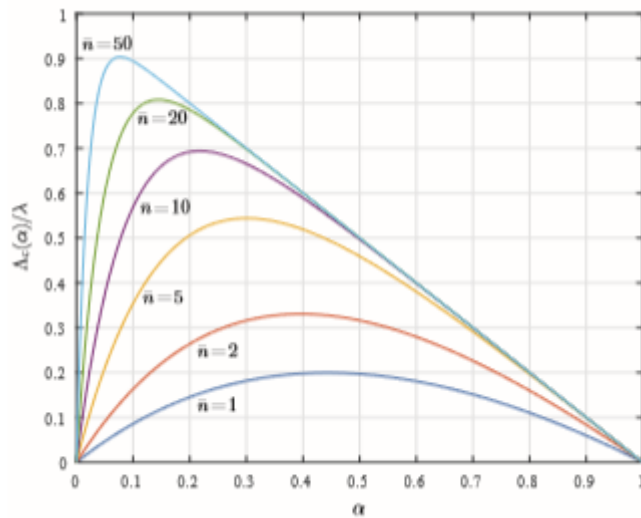


Рис. 1. Порівняння щільності підключення UE через підмножину БС малих стільників до ймовірності вибору режиму БС

На рисунку 2 показані точні та приблизні оптимальні ймовірності вибору режиму БС з точки зору середньої кількості підключених UE до кожної БС малого стільника. Як показано на рисунку, приблизна величина дуже точна для $\bar{n} \geq 5$. Крім того, на рисунку 2 показана оптимальна нормалізована щільність сполучених користувачів через підмножину БС малих стільників.

Область Пуассона підмножини БС малих стільників, в якій кожна БС пов'язана з незалежною випадковою зоною покриття з середньою площею \bar{A} , може розглядатися як процес покриття. У цьому випадку, UE у користувацькому режимі може бути підключено, принаймні, до однієї БС малого стільника з ймовірністю:

$$P_{con}(\alpha) = 1 - e^{-\lambda_b \bar{A}} = 1 - \exp(-\alpha \lambda \pi M \{R_m^2\})$$

де M – це математичне очікування, а R – відстань між UE та БС.

Використовуючи ймовірність вибору оптимального режиму для щільної мережі ($\bar{n} \gg 1$), при якій щільність малих стільників дорівнює щільності підмножини БС малих стільників, отримуємо:

$$\lambda_{b,opt} = \alpha_{opt} \lambda = \frac{\ln(\bar{n}+1)}{\bar{n}+1} \lambda \cong \frac{\ln(1+\lambda\pi E\{R_m^2\})}{\pi E\{R_m^2\}}.$$

Це означає, що, асимптотично, кількість малих стільників логарифмічно зростає з щільністю користувачів. Оскільки ізольовані UE з'єднуються безпосередньо з підмножиною БС макросоти, а кожен малий стільник підключений до макросоти з зовнішньою лінією, то щільність необхідних ліній до підмножини БС макросоти для того, щоб усі користувачі були пов'язані, розраховується:

$$\begin{aligned} \lambda_i &= \lambda_{b,opt} + \left(\lambda - \lambda_{b,opt} - \Lambda_c(\alpha_{opt}) \right) = \\ &= \left[\frac{\ln(\bar{n}+1)}{\bar{n}+1} + \frac{1 - \frac{\ln(\bar{n}+1)}{\bar{n}+1}}{(\bar{n}+1)^{\frac{\bar{n}}{\bar{n}+1}}} \right] \lambda \cong \frac{1 + \ln(1 + \lambda\pi E\{R_m^2\})}{\pi E\{R_m^2\}} \end{aligned}$$

для $\bar{n} \gg 1$. Отже, коли кількість з'єднань до БС макросоти пропорційна λ без використання технології віртуальних малих стільників, це число пропорційне логарифму λ у високо щільних мережах, при використанні технології малих віртуальних стільників [2].

Було розглянуто метод формування віртуальних стільників, в якому група окремих UE може відігравати роль підмножини БС малих стільників для інших UE. Для цієї схеми була отримана оптимальна щільність малих стільників, при якій кількість з'єднань зв'язку з підмножиною БС макросоти для підключення всіх користувачів безпосередньо або через малі стільники мінімізується, і було показано, що це значення асимптотично пропорційне логарифму щільності мережі.

Література

1. A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies - Akhil Gupta, Rakesh Kumar Jha.
2. Virtual Small Cells Formation in 5G Networks - Aydin Behnad, Xianbin Wang.