

ВІДГУК**офіційного опонента**

на дисертаційну роботу Бака Романа Івановича зі спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі на тему «Підвищення доступності телекомунікаційних послуг в мережах мобільного зв'язку», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

1. Актуальність дисертаційного дослідження

Нерівномірний характер розподілу абонентського навантаження та обмеженість частотного спектру безпровідного каналу завжди були і є основними проблемними факторами для безвідмовного функціонування мереж мобільного зв'язку. А з розвитком і впровадженням сучасних мереж мобільного зв'язку четвертого та п'ятого поколінь на порядок зросли вимоги до пропускних здатностей каналів та якості надаваних послуг. Відповідно у сегментах мереж із підвищеним або надмірним абонентським навантаженням зростатиме кількість відмов в обслуговуванні нових запитів на послуги та втрат існуючих сеансів зв'язку, тобто зменшиться доступність телекомунікаційних послуг. З економічних причин постачальники послуг не будуть або не можуть постійно нарощувати кількість базових станцій, тому, для підвищення доступності послуг зв'язку, важливими постають питання ефективного управління радіоресурсами мережі. Одним із напрямів управління радіоресурсами у мережах мобільного зв'язку є балансування абонентського навантаження, на що і зосередив основну увагу Бак Р.І. у своїй дисертаційній роботі. Провівши аналіз сучасних наукових досліджень вітчизняних та закордонних науковців, які досліджують мережі мобільного зв'язку в галузі управління радіоресурсами шляхом балансування абонентського навантаження, автор виявив, що досі не в повній мірі розв'язані завдання динамічного розподілу абонентського навантаження, в процесі якого може бути задіяно якомога більшу кількість доступних ресурсів мережі із одночасним врахуванням вимог до якості надання послуг і ефективності використання каналів зв'язку.

Таким чином, в роботі розв'язано актуальне наукове завдання розроблення моделей, методів та алгоритмів підвищення доступності телекомунікаційних послуг шляхом балансування абонентського навантаження під час пікових навантажень на окремі сегменти мереж мобільного зв'язку з забезпеченням

вимог до якості надання телекомунікаційних послуг без залучення додаткових ресурсів.

2. Наукова новизна дисертаційної роботи

У роботі визначено 3 основні пункти наукових результатів, які доволі повно та зрозуміло розкриті у тексті роботи. Формулювання їх відповідає вимогам, а ступінь новизни не викликає сумніву.

Основними науковими результатами роботи є:

1. Розроблений метод балансування абонентського навантаження у мережі мобільного зв'язку, який, на відміну від відомих, у процесі розподілу навантаження дає можливість врахувати доступні мережні ресурси не лише сусідніх до перевантаженого сегментів, а й більш віддалених, враховує завантаженість комірок, тип абонентського навантаження, швидкість переміщення абонентського терміналу та ефективність використання ним каналу зв'язку, забезпечує перенесення частки абонентського навантаження від перевантаженої до будь-якої доступної недовантаженої комірки мережі без зростання рівня втрат запитів.

2. Розвинуто модель топологічної структури коміркової мережі мобільного зв'язку у вигляді графу, яка відрізняється від відомих формуванням зв'язків між мережними елементами на основі стану множини зайнятих користувачами ресурсів стосовно сусідніх сегментів мережі, що дає змогу підвищити ефективність балансування абонентського навантаження.

3. Запропоновано удосконалений метод оцінювання ефективності використання каналу зв'язку на основі узагальненого критерію його частотної та енергетичної ефективності, що дає змогу визначити оптимальну стратегію планування системи мобільного зв'язку.

Варто відзначити, що найбільшій уваги заслуговує розроблений ітераційний метод балансування абонентського навантаження, який надає змогу розподіляти абонентське навантаження у комірковій мережі радіодоступу не тільки серед сусідніх до перевантаженого, а й серед будь-яких інших доступних сегментів мережі.

3. Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- Запропоновано алгоритм балансування абонентського навантаження в умовах пікових навантажень на окремі мережні сегменти дає змогу до 15% зменшити втрати запитів на телекомунікаційні послуги.

- розроблено методику визначення способу перенесення абонентського навантаження від надмірно завантаженого до недовантаженого сегменту мережі, що враховує вимоги до якості послуг, швидкість переміщення абонентських терміналів та ефективність використання ними радіоканалів.

- Запропоновано методику пошуку напрямків для поетапного перенесення абонентського навантаження, яка враховує кількість проміжних секторів або комірок мережі мобільного зв'язку, завантаженість яких не зміниться в процесі балансування.

- Запропоновано алгоритм оптимізації призначення базових станцій (БС) у мережах 5G для більшості сценаріїв розподілу навантаження дає змогу зменшити від 30% до 40 % кількість активних БС зі збереженням достатньої якості обслуговування користувачів.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки і рекомендації, які сформовані у дисертації Бака Романа Івановича, обґрунтовано застосуванням сучасних методів дослідження, зокрема імітаційного моделювання із залученням апробованого математичного апарату. Достовірність отриманих результатів, сформульованих рекомендацій та наукових положень підтверджуються схожістю з відомими експериментальними даними часткових результатів та несуперечністю відомим теоретичним основам забезпечення обслуговування у мережах мобільного зв'язку.

5. Повнота викладу наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях

За темою дисертаційного дослідження опубліковано у 14 наукових праць, з них 8 статей у наукових фахових виданнях, з яких 6 публікацій у наукових фахових виданнях України, 3 з яких у виданнях, що включені до наукометричних баз, 2 – у наукових періодичних виданнях інших держав, 5 публікацій у збірниках праць міжнародних науково-технічних конференцій, з них 3 проіндексовано у науко-метричній базі Scopus, 1 публікація в збірнику праць всеукраїнської науково-практичної конференції.

Основні положення та результати, представлені у дисертаційній роботі, достатньо висвітлені в опублікованих працях та апробовані на конференціях.

6. Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційного дослідження

1. У першому розділі не достатньо висвітлено доробок інших науковців на предмет підвищення доступності телекомунікаційних послуг.
2. Запропонований метод балансування навантаження під час вибору абонентів для виконання вимушеного хендоверу в процесі перенесення навантаження не передбачає врахування якості прийнятого сигналу (RSRQ), що може призвести до неможливості надання послуг зв'язку.
3. У процесі балансування навантаження запропонований метод спочатку вибирає шлях розвантаження за критерієм мінімальної кількості переходів між вузлами, а вже потім здійснюється вибір абонентів для виконання вимушеного хендоверу в межах цього шляху. Така процедура може спричинити ситуацію, коли довший шлях забезпечує кращі умови хендоверу з точки зору енергетичних та швидкісних параметрів абонентських пристроїв.
4. Розроблена імітаційна модель не враховує різнокласову природу телекомунікаційних послуг і передбачає використання лише однорідної коміркової структури мережі радіодоступу, що призводить до односторонніх результатів моделювання.
5. Відсутні рекомендації щодо обмеження максимальної довжини шляху перенесення абонентського навантаження, що безпосередньо впливає на час, необхідний для розвантаження сегменту мережі.
6. Запропонований алгоритм призначення базових станцій потребує більш детального роз'яснення.
7. Система моніторингу стану термінальних пристроїв абонентів потребує більш детального доопрацювання на предмет способів збору та обробки інформації, оскільки централізований аналіз даних може призвести до несвоєчасної реакції на зміни параметрів завантаження мережі

Проте, подані зауваження у цілому не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

7. Загальні висновки

1. Дисертаційна робота Бака Романа Івановича на тему «Підвищення доступності телекомунікаційних послуг в мережах мобільного зв'язку» є самостійною, завершеною науковою працею з чіткою структурою, яка містить

нові обґрунтовані результати, що вирішує науково-прикладну задачу підвищення доступності телекомунікаційних послуг шляхом балансування абонентського навантаження в моменти надмірних навантажень на групи комірок у мережі мобільного зв'язку з забезпеченням вимог до якості надання цих послуг та без зміни структурно-функціональних параметрів мережі радіодоступу.

2. Дисертаційна робота та її автореферат за змістом та оформленням відповідають встановленим вимогам. Результати дисертації достатньо повно опубліковані у фахових наукових виданнях та апробовані на конференціях і семінарах.

3. За змістом дисертаційна робота відповідає вимогам паспорта спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. Автореферат дисертації об'єктивно та з необхідною повнотою відображає основні положення дисертації.

4. Дисертаційна робота "Підвищення доступності телекомунікаційних послуг в мережах мобільного зв'язку" відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 чинного положення про "Порядку присудження наукових ступенів" (постанова Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року), а її автор – Бак Роман Іванович – заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, доцент

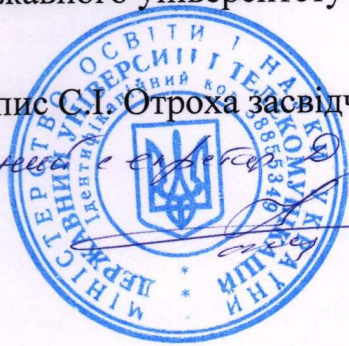
Завідувач кафедри мобільних та

відеоінформаційних технологій

Державного університету телекомунікацій

Підпис С.І. Отроха засвідчую,

С.І. Отроха



О. В. Бак

С.І. Отрох