

ДОДАТОК А
РОЗРАХУНКИ РОЗМІРНОСТІ КЛАСТЕРА ПРИ $n=4$ У СЕРЕДОВИЩІ
МАТНСАД

$$C := 3 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-4} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-4} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-4} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp \left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log \left(\frac{1}{\beta_e} \right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.6628 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується.

$$66.28\% > 3\%$$

$$C := 4 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-4} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-4} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-4} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp\left(\frac{\gamma^2 \sigma^2}{2}\right) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i\right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp\left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X_1 := \frac{10 \log\left(\frac{1}{\beta_e}\right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.3974 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується.

$$39.74\% > 3\%$$

$$C := 7 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-4} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-4} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-4} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp \left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log \left(\frac{1}{\beta_e} \right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.0643 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується.

$$6.43\% > 3\%$$

$$C := 9 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-4} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-4} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-4} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp \left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X_1 := \frac{10 \log \left(\frac{1}{\beta_e} \right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.01923 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ виконується.

$$1.923\% < 3\%$$

ДОДАТОК Б

РОЗРАХУНКИ РОЗМІРНОСТІ КЛАСТЕРА ПРИ $n=3$ У СЕРЕДОВИЩІ

MATHCAD

$$C := 3 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-3} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-3} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-3} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp \left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log \left(\frac{1}{\beta_e} \right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.8869 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується.

$$88.69\% > 3\%$$

$$C := 4 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-3} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-3} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-3} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp \left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log \left(\frac{1}{\beta_e} \right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.7642 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується

$$76.42\% > 3\%$$

$$C := 7 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-3} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-3} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-3} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp\left(\frac{\gamma^2 \sigma^2}{2}\right) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i\right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp\left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log\left(\frac{1}{\beta_e}\right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.4207 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується

$$42.07\% > 3\%$$

$$C := 9 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-3} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-3} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-3} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp \left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log \left(\frac{1}{\beta_e} \right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.2743 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується

$$27.43\% > 3\%$$

$$C := 12 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-3} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-3} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-3} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp\left(\frac{\gamma^2 \sigma^2}{2}\right) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i\right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp\left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log\left(\frac{1}{\beta_e}\right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.1492 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується

$$14.92\% > 3\%$$

$$C := 13 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-3} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-3} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-3} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp \left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log \left(\frac{1}{\beta_e} \right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.121 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується

$$12.1\% > 3\%$$

$$C := 16 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-3} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-3} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-3} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp \left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log \left(\frac{1}{\beta_e} \right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.0681 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується

$$6.81\% > 3\%$$

$$C := 19 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-3} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-3} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-3} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp \left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log \left(\frac{1}{\beta_e} \right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.0392 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ не виконується

$$3.92\% > 3\%$$

$$C := 21 \quad M := 6 \quad \sigma := 4 \quad \rho_0 := 9$$

$$q := \sqrt{3C} = \quad \gamma := 0.1 \cdot \ln(10) = \quad \beta := 1..6$$

$$\beta_1 := (q - 1)^{-3} = \quad \beta_2 := \beta_1$$

$$\beta_3 := q^{-3} = \quad \beta_4 := \beta_3$$

$$\beta_5 := (q + 1)^{-3} = \quad \beta_6 := \beta_5$$

$$\alpha_e := \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \cdot \ln \left[1 + \left(\exp\left(\frac{\gamma^2 \sigma^2}{2}\right) - 1 \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M (\beta_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right]} =$$

$$\alpha_p := \sqrt{\sigma^2 + \alpha_e^2} =$$

$$\beta_e := \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \cdot \exp\left[\frac{\gamma^2 \cdot (\sigma^2 - \alpha_e^2)}{2} \right] =$$

$$X1 := \frac{10 \log\left(\frac{1}{\beta_e}\right) - \rho_0}{\alpha_p} =$$

$$p_C := 100 \cdot 0.0281 =$$

Умова $p(C) \leq p_t$ виконується

$$2.81\% < 3\%$$

ДОДАТОК В

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

SCI-CONF.COM.UA

**PRIORITY DIRECTIONS
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
DEVELOPMENT**



**ABSTRACTS OF VII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
MARCH 21-23, 2021**

**KYIV
2021**

МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕШКОДАМИ В СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖАХ

Шматько Юлія Михайлівна

Харківський національний університет радіоелектроніки
пр. Науки 14, м. Харків, Україна

У наш час комунікаційні технології слугують рушієм соціального, економічного та політичного розвитку. Але втручання в комунікаційні мережі є небажаною неприємністю для якості обслуговування систем.

У цій роботі розглядаються види перешкод та методи, що застосовуються для управління перешкодами, що виникають у стільникових мережах. Незважаючи на всі зусилля, у мережах зв'язку все ще існує безліч перешкод.

У телекомунікаціях перешкодами є ті, які модифікують сигнал руйнуючим чином, коли він проходить по каналу зв'язку між його джерелом та приймачем. Цей термін часто використовується для позначення додавання небажаних сигналів до корисного сигналу[1].

Перешкоди створюють основну проблему в мережах GSM для постачальників послуг, оскільки це знижує якість послуг для постачальників послуг, що може призвести до зменшення доходу. Типовими перешкодами в стільникових мережах є: власні перешкоди, перешкоди багаторазового доступу, співканальні перешкоди (CCI) та перешкоди сусіднього каналу (ACI). Власні перешкоди викликаються сигналами, які передаються на спільному передавачі. Перешкоди з множинним доступом викликаються передачею від декількох радіостанцій з використанням одного і того ж частотного ресурсу. CCI виникає в посиленнях, які повторно використовують той самий частотний канал. ACI - це перешкоди, спричинені між лініями зв'язку, що спілкуються в одному географічному розташуванні за допомогою сусідніх смуг частот. Запропоновано ряд методів для зменшення перешкод у стільникових мережах. Загальні методи включають; управління потужністю, ефективне присвоєння частоти за допомогою інтелектуальних методів та рішень інтермодуляції.

На даний момент можна виділити кілька основних способів боротьби з завадами [2].:

- збільшення енергетичного потенціалу радіолінії (потужності передатчика, коефіцієнта посилення антени);
- зниження рівня власних шумових приймачів;
- зниження рівня зовнішніх приміщень на вході прийому за рахунок їх компенсацій;
- застосування спільної обробки приміщень та сигналів, що базується на визначенні різних між польовим сигналом та помехом;
- підвищення оцінки відносин сигнал / завада за рахунок використання завадозахисних методів модуляції та кодування.

Розробка технічних рішень, що забезпечує захист приміщень, йде у створенні комплексного застосування зазначених вище та інших методів, однак реалізація таких рішень вимагає певного умовного обладнання, а це означає - збільшення його вартості. Тому на практиці не прагнуть створювати пристрої з попередньо досягнутою (потенційною) завадостійкістю. Ще більше всього кінцевий продукт являє собою компромісний варіант, оптимізований за критерієм «вартість - ефективність». Зіставлення реальної та потенційної змішаної стійкості дозволяє судити про ефективність того чи іншого методу доступу, а також цільову образність його подальшого вдосконалення.

Основним показником якості передачі інформації в умовах перешкод, за яким порівнюють різні методи цифрової модуляції і кодування інформації, є безрозмірна величина - відношення сигнал / шум.

Вирішальну роль в боротьбі з перешкодами грає вибір структури сигналів (вони повинні володіти хорошими взаємкореляційними властивостями) і оптимального способу прийому [3]. Тому при плануванні структури сигналів дистанціюються від того, щоб вони якомога більше відрізнялися одна від одної, - тоді діюча в системі перешкода буде в найменшій мірі впливати на корисний сигнал. Приймач же повинен максимально очистити сигнал від спотворень,

викликаних впливом перешкод. Очевидно, що використовуються різні способи реалізації зазначених вимог, тому існуючі системи по-різному реагують на окремі види перешкод.

Наведений огляд показує, що доступні численні методики вирішення проблем перешкод у стільникових мережах. Хоча багато з цих методів працюють ефективніше в деяких областях діяльності, інші демонструють сильне застосування в інших областях. Однак у нинішній ситуації існує безліч проблем, оскільки деякі з цих методів не застосовувались на місцях.

Список літератури

1. Difference between LTE and CDMA URL:
<https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-lte-and-cdma/?ref=rp>
2. Sbit, S., Dadi, M. B., Chibani, B. (2015). SINR and throughput enhancement in LTE-advanced.
3. Saleh Farque, "Cellular Mobile Systems Engineering"- Artech House, Norwood MA, 1996.

- ПРОДУКТІВ МОРЯ У ПРИГОТУВАННІ ГАРЯЧИХ ЗАКУСОК
80. *Філімонова Т. О., Селіванова А. В.* 420
ПИТАННЯ ЦИФРОВОЇ НЕРІВНОСТІ В УКРАЇНІ. ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ
81. *Фоменко К. М.* 425
РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ДІАПАЗОННОГО РАДІОПРИЙМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ПОМІРНО ВИСОКОГО ДІАПАЗОНУ ЧАСТОТ
82. *Харлай Л. О., Кузьменко К. В., Камінська О. О., Кузьменко Ю. В., Глушко С. С.* 429
ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ ОПЕРАТОРІВ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ
83. *Хохлов С. С.* 433
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФОТОННО-КРИСТАЛІЧНИХ ОПТИЧНИХ ВОЛОКОН
84. *Чекубашева В. А., Карнаушенко В. П.* 440
ЗАСТОСУВАННЯ FPGA СТРУКТУР В ПРОЕКТУВАННІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ
85. *Чернявський Т. В., Кузьменко А. Р.* 446
ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ СТВОРЕННЯ UI ТА UX ДИЗАЙНУ
86. *Чернявський Т. В., Кузьменко А. Р.* 450
ПРОЕКТУВАННЯ І РЕАЛІЗАЦІЯ WEB-САЙТУ ТУРИСТИЧНОЇ ФІРМИ
87. *Чечет А. М., Солodka Д. О.* 458
УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ В КОНТЕКСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ КОНСОЛІДАЦІЇ
88. *Шендрик О. М., Шендрик Д. О.* 466
АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА НА БАЗІ ТЕХНОГЕННИХ ПІДЗЕМНИХ РЕАКТОРІВ, ЩО УТВОРИЛИСЯ НА МІСЦІ ВИСНАЖЕНИХ ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ РОДОВИЩ
89. *Шматько Ю. М.* 472
МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕШКОДАМИ В СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖАХ
90. *Яворський О. Л., Гулькова М. С.* 475
ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У ПРОЦЕСІ СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ
91. *Яворський О. Л., Гулькова М. С.* 479
РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ WEB-САЙТУ ДИЗАЙН СТУДІЇ
92. *Яворський О. Л., Роговець В. В.* 484
ПРОЕКТУВАННЯ І РЕАЛІЗАЦІЯ WEB-САЙТУ ТУРИСТИЧНОЇ ФІРМИ

SCI-CONF.COM.UA

**FUNDAMENTAL AND
APPLIED RESEARCH IN
THE MODERN WORLD**



**PROCEEDINGS OF X INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
MAY 12-14, 2021**

**BOSTON
2021**

РОЗРАХУНОК ТА ВПЛИВ РОЗМІРНОСТІ КЛАСТЕРА НА СТІЛЬНИКОВУ МЕРЕЖУ ЗВ'ЯЗКУ

Шматько Юлія Михайлівна

Харківський національний університет радіоелектроніки
пр. Науки 14, м. Харків, Україна

Широке використання радіозв'язку з рухомими об'єктами стало характерною рисою сучасного світу. Всебічні дослідження в рамках експлуатації існуючих стільникових мереж за останнє десятиліття дозволили встановити ряд важливих обставин [1].

Було відзначено, що системи стандарту GSM з тимчасовим поділом каналів добре себе зарекомендували і поки є найпоширенішою системою в Європі [1]. Прихильники цього стандарту підкреслюють хорошу якість мовлення, впевнену роботу в складних метеоумовах, в обстановці багатопромених завмирань і відносно невеликих значень відносини сигнал / перешкода. Помірні експлуатаційні витрати дозволяють операторам отримувати впевнений прибуток. Перші радіотелефони використовували звичайні фіксовані канали і, якщо один з них був зайнятий, абонент вручну перемикався на інший. З розвитком техніки радіотелефонні системи вдосконалювалися, зменшувалися габарити пристроїв, освоювалися нові частотні діапазони, поліпшувалося комутаційне устаткування, зокрема, з'явилася функція автоматичного вибору вільного каналу (trunking) [2]. Але все це не могло вирішити головної проблеми – обмеженості частотного ресурсу при величезній потребі в наданні послуг.

Вихід був знайдений: територію, що обслуговується, розбили на невеликі ділянки, називані стільниками (cell). Кожен зі стільників обслуговується передавачем з обмеженим радіусом дії та числом каналів. Це без завад дозволяє повторно використати ті ж самі частоти в іншому стільнику, але віддаленому на значну відстань. Теоретично їх можна використати в

сусідньому стільнику. Але на практиці зони обслуговування стільників можуть перекриватися через різні фактори, наприклад зміни умов поширення радіохвиль. У результаті з'являються взаємні завади. Тому в сусідніх стільниках використовуються різні частоти. Одним із головних етапів проектування стільникового мобільного зв'язку є визначення величини радіуса стільника.

В роботі Биховського Ю.А. [3] радіус стільника визначається за формулою:

$$R = \sqrt{\frac{S_0}{\pi K}}, \quad (1)$$

де S_0 – площа території, яка обслуговується;

K – число BTS.

З виразу (1) випливає, що автор роботи виходить з того, що

$$S_0 = K S_{\text{стільн}}, \quad (2)$$

де $S_{\text{стільн}}$ – площа стільника.

Слід зазначити, що вираз (1) справедливий тільки в тому випадку, коли BTS знаходиться в центрі кожного стільника. Цим виразом не можна користуватися при розрахунку параметрів мереж стандартів D-AMPS, а також стандартів GSM і JDC, використовуючи сітки BTS 3/9(GSM), 4/12 (JDC) та 2/7 (D-AMPS) [4]. Іншими словами, в цьому випадку не враховується можливість організації сітки BTS. В роботі [3] формула (1) використовується без всяких обмежень. У випадку організації будь-якої сітки BTS число стільників та кількість BTS не співпадають, що зайвий раз підтверджує можливість використання формули (1) тільки в одному окремому випадку.

У випадку організації сітки BTS 3/9, 4/12 або в загальному випадку x/y радіус стільників необхідно розраховувати виходячи з кількості стільників. Кількість BTS при цьому розраховується за формулою

$$K = \frac{A_m}{A_{\text{BTS}}}, \quad (3)$$

де A_m – навантаження, яке обслуговується мережею;

A_{BTS} – навантаження, яке обслуговується однією BTS.

Вважаємо, що більш коректним є розрахунок площі обслуговуючої території за формулою:

$$S_0 = S_{\text{стільни}} \cdot N_{\text{стільни}}, \quad (4)$$

де $N_{\text{стільни}}$ – кількість стільників.

В цьому випадку число стільників $N_{\text{стільни}}=(K/x)u$ та формула (1) набуде вигляду:

$$R = \sqrt{\frac{S_0 x}{\pi K y}}. \quad (5)$$

При використанні формул (1) та (5) виходять з того, що стільник має форму кола, площа якого рівна:

$$S_{\text{стільни}} = \pi R^2. \quad (6)$$

При шестикутній формі стільника його площа рівна [5]:

$$S_{\text{стільни}} = 2,6 \cdot R^2. \quad (7)$$

Розглянемо, наскільки буде відрізняться кількість BTS, якщо BTS будуть розташовані в кожному стільнику, при використанні різних формул визначення площі стільника.

Нехай $S_0=64000$ кв.км, $R=15$ км, тоді:

$$1) \quad K = \frac{S_0}{S_{\text{стільни}}} = \frac{S_0}{\pi R^2} = \frac{64000}{3,14 \cdot 225} = 91;$$

$$2) \quad K = \frac{S_0}{S_{\text{стільни}}} = \frac{S_0}{2,6 \cdot R^2} = \frac{64000}{2,6 \cdot 225} = 110.$$

Звідси слідує, що кількість BTS в першому та в другому випадку відрізняться на 18%.

Отже, на нашу думку радіус стільника коректніше розраховувати за формулою:

- при організації сітки BTS

$$R = \sqrt{\frac{S_0 x}{2,6 K y}}; \quad (8)$$

- при розміщенні BTS в кожному стільнику по формулі (1).

Застосування шестикутників дозволяє мінімізувати ширину необхідного

частотного діапазону, оскільки така форма забезпечує оптимальне співвідношення між величинами C і D . Крім того, шестикутна форма щонайкраще вписується в кругову діаграму спрямованості антени базової станції, встановленої в центрі комірки. Розміри комірки R визначає захисний інтервал D між комірками, у яких ті самі частоти можуть бути використані повторно. Величина захисного інтервалу D залежить також від припустимого рівня завад і умов поширення радіохвиль. У припущенні, що інтенсивність викликів у межах усієї зони однакова, розмір комірок вибирається однаковим. Розмір зони обслуговування базової станції, що виражається через радіус комірки R , визначає також число абонентів N , здатних одночасно вести переговори на всій території обслуговування. Отже, зменшення радіуса комірки дозволяє не тільки підвищити ефективність використання виділеної смуги частот і збільшити абонентську ємність системи, але і зменшити потужність передавачів і чутливість приймачів базових і рухомих станцій. Це, у свою чергу, покращує умови електромагнітної сумісності засобів транкінгового зв'язку з іншими радіоелектронними засобами і системами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сукачев Э. А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами. Нав. пос. - [3-е изд. перераб. и дополнено.] - Одесса: ОНАС им. Попова, 2013
2. Системи рухомого зв'язку : навчальний посібник / О. О. Семенова, А. О. Семенов, В. С. Белов. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 185 с.
3. Быховский Ю.А. Частотный планирования сотовой сетей подвижной радиосвязи // Электросвязь, 1993, № 8, с. 30-32.
4. Климаш М.М., Пелішок В.О., Михайлович П.М. Технології мереж мобільного зв'язку, – К.: «Освіта України», 2010р.
5. Емельянов В.В. Системы сотовой подвижной радиосвязи. - Изд. 2-е перераб. и доп. X.: Торсинг, 2007г.

101. *Турина О. Л., Коростильова І. В.* 659
ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ЕМОЦІЙНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СТУДЕНТІВ.
102. *Убайдуллаев Ш. Н., Мансурова К. Х.* 669
АНИМАЛИСТИЧЕСКИЕ ПАРЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ С ОБОЗНАЧЕНИЯМИ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ В УЗБЕКСКОМ И НЕМЕЦКОМ ЯЗЫКАХ.
103. *Ульянова В. С., Худавердієва К. С., Федорченко О. В., Полинко Я. Р.* 678
РІЗНОМАНІТНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ ЕСТЕТИЧНОГО ВИХОВАННЯ ВІДОБРАЖЕНІ В ПРАЦЯХ ФІЛОСОФІВ, ПЕДАГОГІВ, ПСИХОЛОГІВ.
104. *Фролов Д. К.* 686
ПРІОРИТЕТИ МІЖНАРОДНОГО ФІНАНСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ.
105. *Фоменко К. Н.* 690
ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ СКРИНИНГА САХАРНОГО ДИАБЕТА.
106. *Хужакулов К. Р., Нарзуллаева А. М., Фозилов С. Ф., Саъдуллаева Д.* 694
ПОЛУЧЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ИЗ ХЛОПКОВЫХ СОАПСТОКОВ.
107. *Цюпак І. М., Баранова В. А.* 702
ОБҐРУНТУВАННЯ СПЕЦИФІКИ ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ЗНАТЬ У ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ ЗАСОБОМ ЕКСПЕРИМЕНТУВАННЯ.
108. *Чернышов Н. Н., Никифоров А. С.* 709
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАНИЯ.
109. *Шапакидзе Е. Д., Николеишвили Г. В.* 716
РОЛЬ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ ШЕЛКОВОДСТВА ГРУЗИИ.
110. *Шевченко О. П., Дмитричкова В. Є.* 725
ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕКЛАДУ МЕДИЧНИХ ТЕРМІНІВ. ПЕРЕКЛАДАЦЬКІ ТРАНСФОРМАЦІЇ.
111. *Шелест Т. Д., Коєва І. М.* 731
ПІСТКОВІДНА АЛОПЕЦІЯ У ЖІНОК РЕПРОДУКТИВНОГО ВІКУ.
112. *Шматько Ю. М.* 735
РОЗРАХУНОК ТА ВПЛИВ РОЗМІРНОСТІ КЛАСТЕРА НА СТІЛЬНИКОВУ МЕРЕЖУ ЗВ'ЯЗКУ.
113. *Широков Б. М., Журавлев А. Ю., Шиян А. В.* 739
ИСТОЧНИК АТОМОВ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ SI-ПЛЁНОК.
114. *Шопша О. Л., Новікова О. О.* 745
ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕЖИВАННЯ САМОТНОСТІ У РАННІЙ ДОРОСЛОСТІ.
115. *Шоюнусов С. И., Каратаева Л. А.* 753
АСПЕКТЫ ОНКОПАТОЛОГИИ.

ДОДАТОК Г

СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ



Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки



Факультет інфокомунікацій
Кафедра інформаційно-мережної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Порівняльна характеристика методів розрахунку параметрів мережі стільникового зв'язку технологій FDMA та TDMA»



Студент:
групи ІМІм-19-2
Шматько Ю.М.

Керівник:
професор
Ємельянов В.В

Харків 2021р.

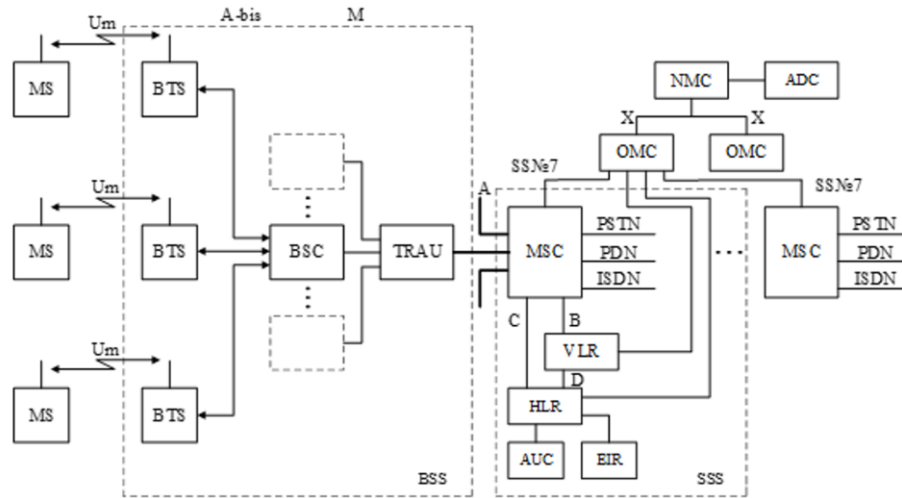


Мета та задачі роботи

- Аналіз методики розрахунку параметрів мережі стільникового мобільного зв'язку Биховського Ю.А.;
- Аналіз методики розрахунку параметрів мережі стільникового мобільного зв'язку Попова В.І.;
- Порівняльна характеристика методик, що аналізуються.
- Актуальність. присвячена аналізу недоліків (некоректних рішень) в методиках, які аналізуються та спосіб їх усунення.



Структура мережі стільникового зв'язку стандарту GSM900



3



Методика розрахунку параметрів мережі стільникового мобільного зв'язку Биховського Ю.А.

Вихідні дані: $N_{\Sigma}, S_0, \rho_{\text{дл}}, \rho_{\text{т}}, \beta, \sigma, h_{\text{BTS}}, P_{\text{тmin}}, G_{\text{BTS}}$

1. Кількість частотних каналів $N_k = \text{int}\left(\frac{\Delta F}{F_k}\right)$

2. Розмірність кластера $P(C) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi} X_1} \int_0^{\infty} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \right] \cdot 100$,

Нижня межа інтеграла $X_1 = \frac{10 \lg(1/\beta_c) - \rho_0}{\alpha_p}$,

$$\beta_c = \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \exp\left[\frac{\gamma^2 (\sigma^2 - \alpha_c^2)}{2} \right], \quad \alpha_c^2 = \frac{1}{\gamma^2} \ln \left\{ 1 + \left[\exp(\gamma^2 \sigma^2) - 1 \right] \cdot \frac{\sum_{i=1}^M \beta_i^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right\}$$

3. Кількості частотних каналів, що використовуються однією BTS $N_{\text{кBTS}} = \text{int}\left(\frac{N_k}{C}\right)$

4. Допустиме телефонне навантаження

$$A = n_0 \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(P_{\text{дл}} \sqrt{\frac{\pi n_0}{2}} \right)^{1/n_0}} \right] \text{ при } P_{\text{дл}} \leq \sqrt{\frac{2}{\pi n_0}} \quad \text{та } A = n_0 + \sqrt{\frac{\pi}{2} + 2 \cdot n_0 \cdot \ln \left(P_{\text{дл}} \sqrt{\frac{\pi n_0}{2}} \right)} - \sqrt{\frac{\pi}{2}} \text{ при } P_{\text{дл}} > \sqrt{\frac{2}{\pi n_0}}$$

5. Кількості абонентів, що обслуговуються однією BTS $N_{\text{абBTS}} = \text{int}\left(\frac{A}{\beta}\right) \cdot N_{\Sigma}$

6. Кількості базових станцій $N_{\text{BTS}} = \text{int}\left(\frac{N_{\Sigma}}{N_{\text{абBTS}}}\right)$

7. Радіуса стільника $R = \sqrt{1,21 \frac{S_0}{N_{\text{BTS}} \pi}}$

8. Величина захисної відстані між BTS з однаковими частотними каналами $D = R \sqrt{3C}$.

9. Потужності передавача базової станції $P_{\text{тBTS}} = P_{\text{тMS}} - G_{\text{BTS}} + 70 + 26,16 \lg(f, \text{МГц}) - 13,82 \lg(h_{\text{BTS}}, \text{м}) + [45 - 6,55 \lg(h_{\text{BTS}}, \text{м})] \lg(R, \text{км}), \text{дБВт}$

4

Характеристика методики Биховського Ю.А.

1. Розрахунок потужності передавача BTS

У Биховського Ю.А. приводиться формула

$$P_{\text{робBTS}} = P_{\text{робMS}} - G_{\text{BTS}} + 70 + 26.16 \lg(f, \text{МГц}) - 13.82 \lg(h_{\text{BTS}}, \text{м}) + [45 - 6.55 \lg(h_{\text{BTS}}, \text{м})] \lg(R, \text{км})$$

В формулі не враховані втрати в фідері.

В залежності від міста розташування BTS (міста високоповерхових забудов, передмістя, сільська місцевість) довжина фідера може складати від 10 до 40 м.

Наприклад.

Кабель РК-50-11-14. $\alpha_0 = 0.16 \text{ дБ/м}$

Втрати складають $\alpha_0 = 0.16 \cdot (10 \cdot 40) = 1.6 \cdot 6.4 \text{ дБ}$ або $\alpha_0 = (1.5 \cdot 4.36)$

Потужність $P_{\text{робBTS}}$ розрахована по приведеній формулі не буде гарантувати в межах стільника співвідношення P_e / P_m або $P_e / P_s = 9 \text{ дБ}$ (стандарт GSM), тобто не буде гарантувати потрібну якість зв'язку.

5



Характеристика методики Биховського Ю.А.

2. Розрахунок радіуса стільника

У Биховського Ю.А. для розрахунку стільника приведена формула $R = \sqrt{\frac{S_0}{N_{\text{BTS}} \pi}}$

Ця формула справедлива тільки в окремому випадку, коли BTS розташована в кожному стільнику, тобто вона не враховує можливість сітки BTS. Цією формулою не можна користуватися в випадку використання сітки BTS 3/9 (GSM), 4/12 (JDC) та 2/7 (D-AMPS та AMPS).

Коректніша формула $R = \sqrt{\frac{S_0}{N_{\text{стільн}} \pi}}$

Якщо сітка 3/9 → x/y, то число стільників $N_{\text{стільн}} = \frac{N_{\text{BTS}} \cdot y}{x}$, тоді $R = \sqrt{\frac{S_0 \cdot x}{\pi N_{\text{BTS}} \cdot y}}$.

При визначенні радіуса стільника (4.23) виходять з того, що площа стільника $S_{\text{стільн}} = \pi R^2$ (стільник має форму кола). Однак стільник має форму правильного шестикутника з площею $S_{\text{стільн}} = 2.6 R^2$.

За рахунок цього кількість BTS є різним.

Наприклад: $S_0 = 3140 \text{ км}^2$; $R = 10 \text{ км}$

Число BTS рівне $K_1 = \frac{S_0}{\pi R^2} = \frac{3140}{3.14 \cdot 10^2} = 10$; $K_2 = \frac{S_0}{2.6 \cdot R^2} = \frac{3140}{2.6 \cdot 10^2} = 12$.

Бачимо, що відмінність K_2 від K_1 складає 20 %.

Отже, на нашу думку радіус стільника коректніше розраховувати за формулою:

- при організації сітки BTS $R = \sqrt{\frac{S_0 x}{2.6 K y}}$;

- при розміщенні BTS в кожному стільнику по формулі $R = \sqrt{\frac{S_0}{N_{\text{BTS}} \pi}}$

6



Характеристика методики Биховського Ю.А.

3. Розрахунок розмірності мережі кластера

При розрахунку розмірності кластера враховується проста модель розповсюдження радіохвиль та використовується коефіцієнт згасання радіохвиль $n=4$. Однак цей коефіцієнт змінюється в межах $n=2,4,4,8$ (місто з високою забудовою, маленьке місто, передмістя, сільська місцевість).

Таблиця 1 – Результати розрахунків за методикою Биховського Ю.А.

| Параметр | Значення параметрів | |
|--|---------------------|-------|
| Параметр загасання радіохвиль, n | 3 | 4 |
| Процент часу відхилення співвідношення $P_c/P_{завад}$ від $\rho(C)$ | 2.81 | 1.923 |
| Розмірність кластера, C | 21 | 9 |
| Кількість каналів для однієї BTS, N_{kBTS} | 5 | 12 |
| Навантаження, обслуговуюче однією BTS, А Ерл | 30.04 | 81.89 |
| Кількість абонентів, обслуговуючих однією BTS, N_{aBTS} | 273 | 744 |
| Кількість базових станцій в мережі, N_{BTS} | 421 | 154 |
| Радіус стільника, R км | 7.65 | 12.65 |
| Величина захисного інтервалу, D км | 60.7 | 65.74 |



Методика розрахунку параметрів мережі стільникового зв'язку Попова В.І.

Вихідні дані для розрахунку параметрів мережі в цьому випадку аналогічні вихідні дані, приведені в п.4.2.1.

Дана методика пропонує в першу чергу визначення максимального значення радіуса стільника, коефіцієнта співканальних завад та визначення розмірності кластера з подальшим розрахунком всіх параметрів мережі.

При цьому встановлюється наступний порядок розрахунку [24]

1. Визначення максимального радіуса стільника $R_{max} = \left\{ \left[\left((P_{BTS} \cdot G_{BTS} \cdot G_{MS}) P_{MS \min} \right) 10^{-\alpha d} \right]^{1/2} \right\} \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right) \cdot A_f$.
2. Максимальна площа макростільника $S_{1\epsilon} = \pi R_{max}^2$.
3. Загальне число макростільника в зоні обслуговування $N_{1\epsilon} = S_0 / S_{1\epsilon}$.
4. Коефіцієнт співканальних завад $\left[\frac{(D - R_{max})}{R_{max}} \right]^k = \left[\frac{D}{R_{max}} - 1 \right]^k = (q-1)^k \leq (S/I)$.
5. Число стільників в кластері (розмірність кластера) $C = N_{ck} = q^2 \cdot \frac{1}{3}$.
6. Число кластерів в зоні обслуговування $N_k = N_{1\epsilon} / N_{ck}$.

Надалі методика розрахунку співпадає з попередньою методикою.





Вибір розмірності кластера

Розглянемо як змінюється ємність мережі при різних $C = 7$ та $C = 19$.

Нехай:

- кількість каналів мережі $N_k = 190$;
- навантаження, що створюється одним абонентом $\beta = 0,1$ Ерл;
- ймовірність блокування виклику $\rho_{\text{бл}} = 5\%$;

Результати розрахунків приведені в таблиці нижче

| Параметр | C=7 | C=19 |
|---|-------|------|
| Число каналів BTS | 27 | 10 |
| Навантаження, що обслуговується однією BTS, А Ерл | 22 | 6.22 |
| Кількість абонентів, що обслуговується однією BTS | 220 | 62 |
| Число базових станцій | 51 | 51 |
| Ємність мережі | 11220 | 3162 |

Ці розрахунки виконані в припущенні, що число BTS в обох випадках однакове і рівне 51.

10



Вибір розмірності кластера

В методиці, що була проаналізована, стверджується, що при статистичному методі радіопокриття повинно виконуватися умова

$$\left[\frac{(D-R)}{R} \right]^n = (q-1)^n \leq \frac{P_c}{P_{\text{кр.гав}}} \quad (1)$$

Цей вираз справедливий тільки в одному випадку, коли має місце тільки одна заважаюча BTS.

Навіть при лінійній мережі (рис. 5.1 – заважаючих станцій дві, розташованих справа та зліва від BTS1 та BTS2).

При шестикутній формі стільника(рис.5.2) та в сенарправленій антені заважаючих станцій вже шість.

Тому правильним буде вираз

$$\frac{(q-1)^n}{M} \leq \frac{P_c}{P_{\text{кр.гав}}}, \quad (2)$$

де M - число заважаючих станцій, яке залежить від секторності антени

В роботі (20) стр. 181-182 з використанням виразу(1) отримані наступні результати при $n=3,5$:

$q = 4,72$; $C = 7$; $N_{\text{емісія}} = N_{\text{BTS}} = 51$; $N_{\text{кластер}} = 7$.

Розрахунок за формулою(2) дає наступне значення розмірності кластера $C = 19$.



9



Урахування впливу співканальних завад

В (20) говориться, що для врахування впливу ближніх шести співканальних BTS необхідно до середнього територіального значенню співвідношенню сигнал/завад $\lambda_m=30\text{дБ}$ необхідно додати 8дБ. При цьому значення величин 30дБ та 8дБ не обумовлюються.

Проаналізуємо, звідки взялася величина 8дБ.

Правильним є вираз

$$\left(\frac{D-R}{R}\right)^n / M = P_c / P_{\text{ст. зав}} \quad (3)$$

Тоді

$$\lambda_m = (q-1)^n = M \cdot \frac{P_c}{P_{\text{ст. зав}}}$$

$$\lambda_m, \text{дБ} = 10 \lg M + 10 \lg \frac{P_c}{P_{\text{ст. зав}}} = 8 \text{дБ} + \frac{P_c}{P_{\text{ст. зав}}}, \text{дБ при } M=6$$

Якщо з величиною 8 дБ стало ясно, то звідки взялася величина 30дБ. На нашу думку, правильним буде, якщо 8 дБ додати до 9дБ, визначається стандартом GSM 900.

11



Розрахунок основних параметрів мережі за методиками Биховського Ю.А. та Попова В.І.

Таблиця 2 – Результати розрахунку за методиками Попова В.І. та Биховського Ю.А.

| Параметр | Значення параметрів | |
|--|---------------------|------------------|
| | Попова В.І. | Биховського Ю.А. |
| Методика | Попова В.І. | Биховського Ю.А. |
| Параметр загасання радіохвиль, n | 4 | 4 |
| Розмірність кластера, C | 7 | 9 |
| Кількість каналів для однієї BTS, N_{KBTS} | 123 | 96 |
| Навантаження, обслуговуюче однією BTS, A | 105,5 | 81,89 |
| Кількість абонентів, обслуговуючих однією BTS, N_{aBTS} | 959 | 744 |
| Кількість базових станцій в мережі, N_{BTS} | 120 | 154 |
| Радіус стільника, R км | 12,65 | 12,65 |

З таблиці слідє, що отримані результати відрізняються, бо вони ближче до своїх значення одне від іншого, ніж з тими, котрі отримані при $C = 31$. В випадку $C = 31$ має:

$$N_{\text{KBTS}} = 27; A_{\text{стільник}} = 17,8; N_{\text{aBTS}} = 161; N_{\text{BTS}} = 714.$$

Розрахунки підтверджують, що для стандарту GSM правильним є $\lambda_m = 8\text{дБ} + 9\text{дБ} = 17\text{дБ}$.

12



Вплив секторності антени BTS на ємність мережі стільникового зв'язку

Таблиця 3 – Результати розрахунку залежності параметрів мережі стільникового зв'язку від секторності антени BTS

| Параметр | $\Delta\varphi = 360^\circ$ | $\Delta\varphi = 120^\circ$ | $\Delta\varphi = 60^\circ$ |
|---|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | $N_s=1$ | $N_s=3$ | $N_s=6$ |
| Кількість каналів на стільник | 120 | 120 | 120 |
| Кількість каналів на сектор | 120 | 40 | 20 |
| Навантаження, що обслуговується одним сектором, Ерл | 103 | 29 | 12 |
| Кількість абонентів, що обслуговуються одним сектором(ємність) | 12000 | 2900 | 1200 |
| Кількість абонентів, обслуговуючих однією BTS(одним стільником), N_Σ | $N_{\Sigma 1}=12000$ | $N_{\Sigma 2}=7800$ | $N_{\Sigma 3}=7200$ |

13



Вплив секторності антени BTS на ємність мережі стільникового зв'язку

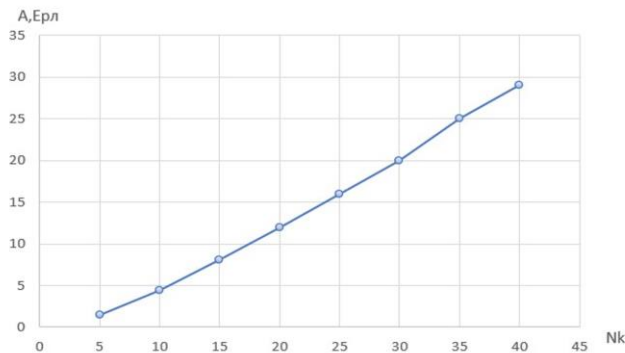


Рисунок 2– Залежність навантаження, що обслуговується, від числа каналів

З рис.2 слідує, що при $N_{kBTS}=30$ ($A_{BTS}=20,3$ Ерл) кількість абонентів, що обслуговується $N_\Sigma=2000$. При тій же кількості $N_{kBTS}=30$, в трьохсекторному стільнику $N_{ksector}=10$ ($A_{ksector}=4,46$ Ерл), кількість абонентів, що обслуговується $N_\Sigma=(4,46 / 0,01) \cdot 3=1338$.

Слідує, що трисекторна (секторна) антена сприяє підвищенню ємності BTS в тому випадку, коли число каналів в секторному стільнику буде більше, ніж в односекторному стільнику.

14



Висновки

На основі отриманих результатів можна вважати, що методика Попова В.І. по результатам близька до методики Биховського Ю.А.

До переваг роботи слід віднести глибокий та всесторонній аналіз вказаних раніше методик; наявність способів усунення недоліків (некоректних рішень); дослідження впливу секторності антени BTS на ємність мережі.

Основним недоліком методики Попова В.І. є те, що вона не враховує процент часу зриву зв'язку, за рахунок флуктацій рівня сигналу в точку прийому.

В роботі було досліджено вплив секторності антен BTS на ємність мережі стільникового зв'язку. Показано, що застосування секторних антен при незмінній розмірності кластера (при незмінній кількості каналів BTS) приводе до зниженню ємності мережі. Секторні антени за рахунок направлених властивостей підвищують співвідношення сигнал/завада та дозволяють використовувати в стільнику більшу кількість каналів, а, слідую, повисити ємність мережі. Секторні антени доцільно застосовувати в тому випадку, коли кількість каналів в стільнику більше, ніж в односекторній.

Методика Биховського Ю.А. в більшій мірі враховує реальне розповсюдження радіохвиль, що є більш переважно.

15

**Доповідь завершено. Дякую за
увагу!**

