

## **РАЗВЕРТЫВАНИЕ МАЛЫХ СОТ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ СОТОВОЙ СЕТИ**

**Гордеева Д.С., Курдеча В.В.**

*Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина*

*E-mail: dariagordeeva1@gmail.com*

### **SMALL CELL DEPLOYMENT FOR ENERGY-EFFICIENT HETEROGENEOUS CELLULAR NETWORK**

This article deals with the heterogeneous cellular network with small cells. There is hexagonal grid model for the deterministic deployment and Poisson process model is for the random deployment of small cells, which allow us to compare them. The result of this article is the analysis of energy efficiency of heterogeneous network.

В статье рассмотрена сотовая гетерогенная сеть с применением, малых сот. Использована модель гексагональной сетки для детерминированного развертывания и модель пуассоновского процесса для случайного развертывания малых сот, что дает возможность их сравнения. Результатом работы есть анализ энергоэффективности гетерогенной сети.

Взрывной рост спроса данных, обусловленный мобильными устройствами, представляет собой серьезную проблему для беспроводных сетей сотовой связи. Для увеличения емкости сети могут быть добавлены базовые станции (БС) малых сот к существующим сотовым сетям [1]. Они характеризуются малой мощностью, низкой стоимостью и размещены в общем канале в макросотах. Эти малые соты могут быть детерминировано развернуты оператором сети, например, микросоты, пикосоты или могут быть размещены случайным образом пользователями, т.е. фемтосоты.

В этой статье мы рассмотрим модель детерминированного развертывания и развертывание случайным образом малых сот в гетерогенных сетях. Мы будем ориентироваться на их развертывании в ограниченном пространстве в пределах одной макросоты. Детерминированное развертывание будет смоделировано в качестве гексагональной сетки, а случайное как пуассоновский процесс. После этого можно будет сравнить их энергоэффективность. Также рассмотрим модель объединения детерминированного и случайного развертывания и проанализируем ее энергоэффективность. Это поможет решить, какая из схем развертывания превосходит в плане повышения энергоэффективности, а также даст ли применение большего количества малых сот большую энергоэффективность.

Рассмотрим объединенный сценарий развертывания (рис. 1). На рисунке темный треугольник представляет собой БС макросоты, а маленькие полые треугольники - БС малых сот. БС макросоты расположена в центре ее зоны покрытия. Как видно, штрих-пунктиром наведены шестиугольники, это и есть

представление детерминированного развертывания, а все остальные БС, которые не находятся на шестиугольниках, расположены в произвольном порядке.

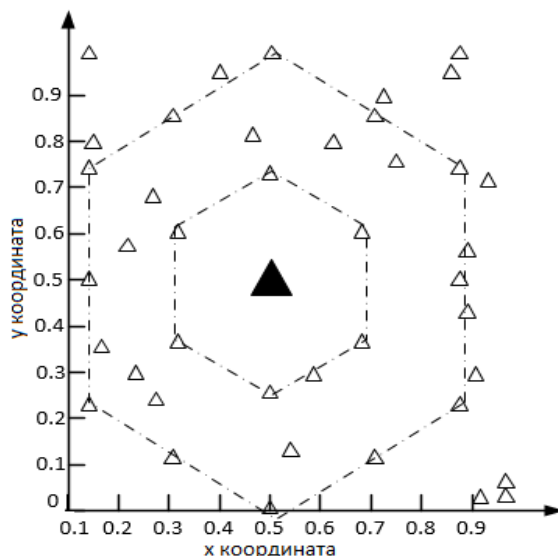


Рис. 1 Объединение двух моделей развертывания: детерминированной и случайной.

В установке моделирования методом Монте-Карло возьмем следующее допущения: (I) зона покрытия макросоты нормирована на единицу площади; (II) местоположения АО генерируются в соответствии с пуассоновским процессом с интенсивностью 100; (III) так как переменная Пуассона может быть бесконечной, мы ограничиваем оба числа малых сот и АО до некоторых фиксированных значений, так что пуассоновский процесс сводится к биномиальному точечному процессу; (IV) мощность передачи малых сот равняется 1 и мощность передачи макросот - 100; (V) коэффициент потерь в пути  $\alpha = 4$  и коэффициенты затухания  $\beta = 1$ .

Формула для энергоэффективности представлена следующим образом [2]:

$$EE = \frac{\sum_{i=1}^{N_u} \sum_{j=1}^{N_s} \frac{B}{N_{y_j}} \log_2(1 + SIR_{x_i}) + \sum_{i=1}^{N_u} \frac{B}{N_{y'}} \log_2(1 + SIR_{x_i y'})}{N_s P_s}$$

На рис. 2 представлен график зависимости энергоэффективности от количества АО и способа размещения БС малых сот.

Эффективность использования энергии, в сравнении различного количества БС малых сот для случайного, детерминированного и объединенного развертываний, повышает эффективность использования энергии для сотовой сети в детерминированном развертывании, в то время как при случайном развертывании, энергоэффективность, на самом деле, снижается после того, как плотность БС малых сот достигнет порогового значения. Это означает, что с увеличением числа БС малых сот, увеличение скорости АО не

может опережать линейное увеличение потребляемой мощности в БС. То есть, в случайном развертывании размещение БС малых сот не может быть оптимальным выбором для достижения более высокой энергоэффективности. В объединенной модели энергоэффективность является усредненной. В такой модели необходимо точно рассчитывать количество БС, так как это влияет на пороговое значение энергоэффективности.

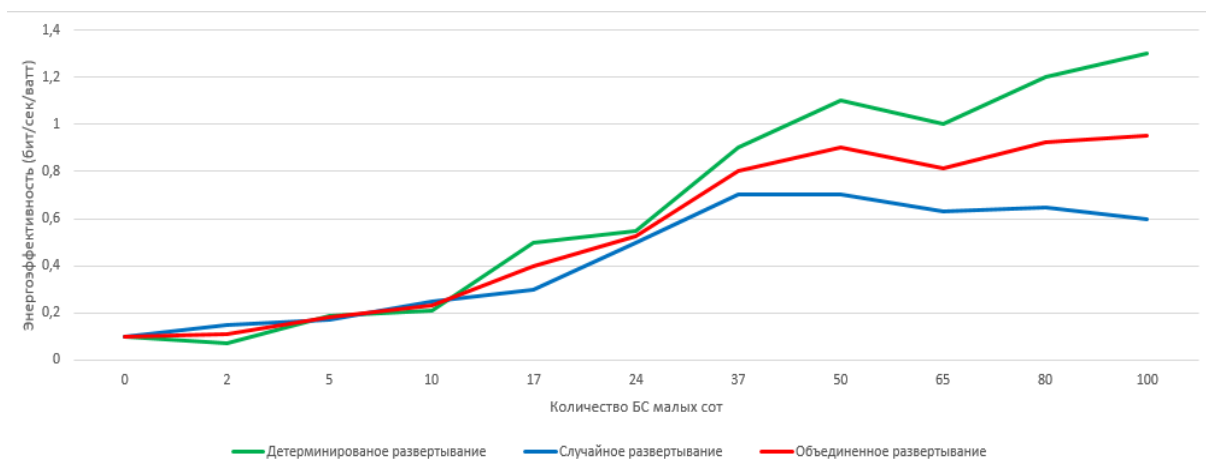


Рис. 2 Энергоэффективность сети в зависимости от количества мелких клеток с 100 АО

Проанализировав энергоэффективность сети, можно сделать выводы, что детерминированная стратегия развертывания, как правило, лучше случайного развертывания и объединенного, так как в ней не возникают межсотовые помехи, в отличие от тех двух, где БС малых сот располагаются произвольно близко друг к другу и вызывают межсотовую интерференцию. Также, энергоэффективность при случайном и объединенном развертывании снижается, после того, как плотность БС малых сот достигнет порогового значения.

## Литература

1. A. Ghosh, J. G. Andrews (2012). Heterogeneous cellular networks: From theory to practice. IEEE Communications Magazine, P. 54-64.
2. Gongchao Su, Lemin Li (2014). On the optimal small cell deployment for energy-efficient heterogeneous cellular networks. IEEE: Ubiquitous and Future Networks (ICUFN). P.172 - 175.
3. Kurdecha V.V., Zingaieva N.A. (2010). Aspects of basic network modernization for internetworking with devices based on SDR. International Crimean Conference - CriMiCo: Microwave & Telecommunication Technology. P. 518-519.