

УДК

**МОДЕЛЬ НА ПРОЦЕССЕ МАТЕРНА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ МЕЖСОТОВОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ В СИСТЕМАХ МНОГОСОТОВОЙ КООПЕРАЦИИ****С. ПРАТАП СИНГХ<sup>1</sup>, СУМАН ЯДАВ<sup>2</sup>, САНДЖЕЙ КУМАР<sup>1</sup>**<sup>1</sup>*Технологический институт Бирлы,  
Индия, Джаркханд, 835215*<sup>2</sup>*Галгошиаз инженерный и технологический колледж,  
Индия, Нойда, Уттар-Прадеш*

**Аннотация.** Постоянно возрастающая потребность в скорости передачи данных и покрытия может быть достигнута преодолением недостатков беспроводных систем связи. Межсотовая интерференция ICI (inter cell interference) есть одним из наиболее сложно-преодолимых недостатков беспроводной связи. Для уменьшения влияния ICI в литературе предлагается техника, основанная на многосотовой кооперации МСС (multi cell cooperation). В этой статье уменьшение эффекта ICI достигается использованием процесса Матерна МНСР (Matérn Hard-Core Point Process) вместо пуассоновского процесса PPP (Poisson point process). В МНСР учитывается минимальное расстояние между базовыми станциями. Поэтому МНСР соответствует реальному сценарию размещения базовых станций. Также, использование МНСР существенно уменьшает аналитическую сложность в сравнении с PPP. Выражение в замкнутом виде для комплементарной интегральной функции распределения CCDF (complementary cumulative distribution function) отношения сигнал/помеха выведено с использованием МНСР для системы с ICI в зависимости от количества базовых станций, количества антенн и потерь распространения. Используя полученные выражения для CCDF, аналитические выражения для функции плотности вероятности и эргодической пропускной способности также получены в замкнутом виде. В итоге анализ производительности системы выполнен в зависимости от эргодической пропускной способности. Полученные результаты согласуются с [4].

**Ключевые слова:** МНСР; CCDF; PDF; эргодическая пропускная способность; МСС

**1. ВВЕДЕНИЕ**

В литературе предлагаются различные техники преодоления недостатков беспроводной связи для обеспечения возрастающей потребности в скорости передачи данных. Среди других, межсотовая интерференция ICI (inter cell interference) есть одним из наиболее сложно-преодолимых недостатков систем беспроводной связи. Многосотовая кооперация МСС (multi cell cooperation) является одним из способов преодоления ICI [1, 2]. Пуассоновский процесс PPP (Poisson point process) часто используется для моделирования расположения

базовых станций (БС) в сотовых системах связи [3]. Однако, недавно предложено использовать процесс Матерна МНСР (Matérn Hard-Core Point Process) как альтернативу пуассоновскому [4]. Исследование использования МНСР вместо PPP для подавления ICI есть главной задачей этой статьи.

Стохастическая геометрия и схожие техники применяются в различных беспроводных сетях, таких как сотовые, когнитивные, радио-релейные с целью получения наиболее правдоподобного сценария [5, 6]. МСС есть одной из техник, основанной на стохастической геометрии и кооперации между БС. Как

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Huang, K.; Andrews, J. G. An analytical framework for multicell cooperation via stochastic geometry and large deviations. *IEEE Trans. Inf. Theory*, Vol. 59, No. 4, p. 2501-2516, 2012. DOI: [10.1109/TIT.2012.2232966](https://doi.org/10.1109/TIT.2012.2232966).
2. Lee, N.; Morales-Jimenez, D.; Lozano, A.; Heath, R. W. Spectral efficiency of dynamic coordinated beamforming: A stochastic geometry approach. *IEEE Trans. Wireless Commun.*, Vol. 14, No. 1, 2015. DOI: [10.1109/TWC.2014.2337305](https://doi.org/10.1109/TWC.2014.2337305).
3. Sarkar, A.; Haenggi, M. Secrecy coverage. *Internet Mathematics*, Vol. 9, No. 2-3, p. 199-216, 2013. DOI: [10.1080/15427951.2012.673333](https://doi.org/10.1080/15427951.2012.673333).
4. Ibrahim, A. M.; Elbatt, T.; El-Keyi, A. Coverage probability analysis for wireless networks using repulsive point processes. *Proc. of IEEE 24th Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, 8-11 Sept. 2013, London UK. IEEE, 2013. DOI: [10.1109/PIMRC.2013.6666284](https://doi.org/10.1109/PIMRC.2013.6666284).
5. Baccelli, F.; Giovanidis, A. A stochastic geometry framework for analyzing pairwise-cooperative cellular networks. *IEEE Trans. Wireless Commun.*, Vol. 14, No. 2, p. 794-808, 2015. DOI: [10.1109/TWC.2014.2360196](https://doi.org/10.1109/TWC.2014.2360196).
6. Haenggi, M.; Andrews, J. G.; Baccelli, F.; Dousse, O.; Franceschetti, M. Stochastic geometry and random graphs for the analysis and design of wireless networks. *IEEE J. Selected Areas Commun.*, Vol. 27, No. 7, 2009. DOI: [10.1109/JSAC.2009.090902](https://doi.org/10.1109/JSAC.2009.090902).
7. Burchardt, H.; Haas, H. Multicell cooperation: evolution of coordination and cooperation in large-scale networks. *IEEE Wireless Commun.*, Vol. 20, No. 1, p. 19-26, 2013. DOI: [10.1109/MWC.2013.6472195](https://doi.org/10.1109/MWC.2013.6472195).
8. Alfano, G.; Garetto, M.; Leonardi, E. New insights into the stochastic geometry analysis of dense CSMA networks. *Proc. IEEE INFOCOM*, 10-15 Apr. 2011, Shanghai, China. IEEE, 2011. DOI: [10.1109/INFCOM.2011.5935092](https://doi.org/10.1109/INFCOM.2011.5935092).
9. Stoyan, D.; Stoyan, H. On one of Matérn's hard-core point process models. *Mathematische Nachrichten*, Vol. 122, No. 1, p. 205-214, 1985. DOI: [10.1002/mana.19851220121](https://doi.org/10.1002/mana.19851220121).
10. Jones, M. O. Limiting behaviour of some spatial particle systems. *Stochastic Models*, Vol. 31, No. 2, p. 208-225, 2015. DOI: [10.1080/15326349.2014.994367](https://doi.org/10.1080/15326349.2014.994367).
11. Yadav, S.; Singh, S. Pratap. Novel closed form expression for multi cell cooperation using MHCP to reduce interference. *Proc. of IEEE 18th Int. Symp. on Wireless Personal Multimedia Communications*, 2015.
12. Yadav, S.; Singh, S. Pratap. Closed form expression of ergodic capacity for multi cell cooperation using MHCP. *Proc. of IEEE UP Section Conf. on Electrical Computer and Electronics*, UPCON, 4-6 Dec. 2015, Allahabad, India. IEEE, 2016. DOI: [10.1109/UPCON.2015.7456745](https://doi.org/10.1109/UPCON.2015.7456745).
13. Gradshteyn, I. S.; Ryzhik, I. M. *Table of Integrals, Series, and Products*, 7th ed. Academic Press Pub., 2007.
14. Hoydis, J.; Petrova, M.; Mahonen, P. Effects of topology on local throughput-capacity of ad hoc networks. *Proc. of IEEE 19th Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, 15-18 Sept. 2008, Cannes, France. IEEE, 2008. DOI: [10.1109/PIMRC.2008.4699831](https://doi.org/10.1109/PIMRC.2008.4699831).

Поступила в редакцию 02.08.2016