

УДК

ФОРМИРОВАНИЕ ЛУЧА МНОГОЭЛЕМЕНТНОЙ АНТЕННЫ В СХЕМАХ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЗВЕЗДИЙ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА

З.К. АДЕЙЕМО¹, Р.О. АБОЛАДЕ², Ф.А. СЕМИРЕ³, Е.О. РАБЬЮ⁴

*Технологический университет Ладоке Акинтола,
Нигерия, Огбомошо, Р.М.В 4000*

Аннотация. Качество приема радиосигналов на узле адресата сильно зависит от типа использованных схем обработки сигналов и использования многоэлементных антенн на выходе передатчика и на входе приемника. Однако такая конфигурация обычно вызывает межнесущую интерференцию ICI (InterCarrier Interference), которая ведет к искажениям. В статье определяется характеристика эффективности формирования луча для антенной системы 6×6 в схемах фазовой манипуляции высокого порядка со сдвигом (16, 32 и 64-PSK), при использовании модели системы, снижающей искажения принятого сигнала. Формирование луча осуществляется при использовании схем обработки сигналов со сдвигом путем введения весовых коэффициентов для переданных потоков с собственными значениями канала антенной системы 6×6 перед передачей данных, посредством 6 многоэлементных антенн через рэлеевский канал. Принятые искаженные сигналы подвергаются демодуляции и фильтрации с помощью фильтра с характеристикой типа корня квадратного из приподнятого косинуса. Эти сигналы детектируются и сравниваются с переданными битами для определения рабочей характеристики эффективности системы путем использования коэффициента битовой ошибки BER (Bit Error Rate). Полученные результаты показали, что по мере возрастания размера созвездия для схем фазовой манипуляции PSK (Phase Shift Keying) со сдвигом, значения BER увеличиваются и обеспечивают лучшую эффективность по сравнению с соответствующими традиционными схемами.

Ключевые слова: формирование луча; сдвиг; многоэлементная антенна; взвешивание; весовой коэффициент; рэлеевский; созвездие; обработка сигналов

1. ВВЕДЕНИЕ

Конфигурация с многоэлементной антенной представляет собой метод, позволяющий повысить пропускную способность, качество обслуживания, эффективность работы, и уменьшить помехи со стороны других пользователей. Многоэлементные антенны используются для уменьшения влияния рассеяния, создаваемого препятствиями на пути распространения сигнала, что приводит к замираниям. Распространение сигнала по каналу беспроводной связи сопровождается потерей мощности сиг-

нала и затенением, вследствие препятствий, обусловленных многолучевым распространением сигнала.

Хотя методы объединения разнесений, такие как суммирование дифференциально взвешенных сигналов каждого канала MRC (Maximal Ratio Combining), сложение разнесенных сигналов с автовыбором SC (Selection Combining), и линейное суммирование сигналов равной мощности EGC (Equal Gain Combining), вносят огромный вклад в повышение эффективности системы беспроводной связи, что ведет к росту технологии беспровод-

DOI: [10.20535/S0021347020020065](https://doi.org/10.20535/S0021347020020065)

© З.К. Адейемо, Р.О. Аболаде, Ф.А. Семире, Е.О. Рабью, 2020

REFERENCES

1. Z. K. Adeyemo and I. A. Ojedokun, "EGC receiver using single radio frequency chain and single matched filter over combined Rayleigh and Rician fading channels," *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 9, no. 7, pp. 992–998, 2014.
2. A. Goldsmith, *Wireless Communications*. Cambridge University Press, 2005.
3. H. S. Jochen, *Mobile Communication*. Massachusetts: Longman Publishing Company, Reading, 2000.
4. Y. S. Cho, J. Kim, W. Y. Yang, and C. G. Kang, *MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB®*. Chichester, UK: John Wiley and Sons, 2010.
5. T. Weber, A. Sklavos, and M. Meurer, "Imperfect channel-state information in MIMO transmission," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 54, no. 3, pp. 543–552, Mar. 2006, doi: [10.1109/TCOMM.2006.869783](https://doi.org/10.1109/TCOMM.2006.869783).
6. G. G. Raleigh and J. M. Cioffi, "Spatio-temporal coding for wireless communication," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 46, no. 3, pp. 357–366, 1998, doi: [10.1109/26.662641](https://doi.org/10.1109/26.662641).
7. G. J. Foschini and M. J. Gans, "On Limits of Wireless Communications in a Fading Environment when Using Multiple Antennas," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 6, no. 3, pp. 311–335, 1998, doi: [10.1023/A:1008889222784](https://doi.org/10.1023/A:1008889222784).
8. A. Gorokhov, D. A. Gore, and A. J. Paulraj, "Receive antenna selection for MIMO spatial multiplexing: Theory and algorithms," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 51, no. 11, pp. 2796–2807, Nov. 2003, doi: [10.1109/TSP.2003.818204](https://doi.org/10.1109/TSP.2003.818204).
9. B. A. Cetiner, E. Akay, E. Sengul, and E. Ayanoglu, "A MIMO system equipped with multifunctional reconfigurable antennas," in *IEEE Antennas and Propagation Society, AP-S International Symposium (Digest)*, 2006, pp. 157–160, doi: [10.1109/APS.2006.1710477](https://doi.org/10.1109/APS.2006.1710477).
10. C. N. Chuah, D. N. C. Tse, J. M. Kahn, and R. A. Valenzuela, "Capacity scaling in MIMO wireless systems under correlated fading," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 48, no. 3, pp. 637–650, Mar. 2002, doi: [10.1109/18.985982](https://doi.org/10.1109/18.985982).
11. D. Tse and P. Viswanath, *Fundamentals of Wireless Communication*. Cambridge University Press, 2005.
12. M. Gheryani, Z. Wu, and Y. R. Shayan, "Capacity and performance of adaptive MIMO system based on beam-nulling," in *IEEE International Conference on Communications*, 2009, doi: [10.1109/ICC.2009.5198804](https://doi.org/10.1109/ICC.2009.5198804).
13. Z. K. Adeyemo, E. O. Rabi, and O. A. Robert, "Offset Phase Shift Keying Modulation in Multiple-Input Multiple-Output Spatial Multiplexing," *Trans. Networks Commun.*, vol. 3, no. 2, pp. 116–116, Apr. 2015, doi: [10.14738/tnc.32.1144](https://doi.org/10.14738/tnc.32.1144).
14. J. G. Proakis and M. Salehi, *Communication Systems Engineering*. Prentice Hall, 2002.
15. J. Proakis and M. Salehi, *Digital Communications*, 5th ed. McGraw-Hill Science/ Engineering/Math, 2007.
16. T. S. Rappaport, *Wireless Communications - Principles and Practice*, 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ, 2002.
17. B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications*. Prentice-Hall PTR, 2001.
18. A. Amin, "Computation of bit-error rate of coherent and non-coherent detection M-ary PSK with gray code in BFWA systems," *Int. J. Adv. Comput. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 118–126, 2011, doi: [10.4156/ijact.vol3.issue1.13](https://doi.org/10.4156/ijact.vol3.issue1.13).
19. K. S. Ahn, R. W. Heath, and H. K. Baik, "Shannon capacity and symbol error rate of space-time block codes in MIMO rayleigh channels with channel estimation error," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 7, no. 1, pp. 324–333, Jan. 2008, doi: [10.1109/TWC.2008.060539](https://doi.org/10.1109/TWC.2008.060539).
20. A. S. Mindaudu and A. M. Miyim, "BER Performance of MPSK and MQAM in 2x2 Alamouti MIMO Systems," *Int. J. Inf. Sci. Tech.*, vol. 2, no. 5, 2012, doi: [10.5121/ijist.2012.2501](https://doi.org/10.5121/ijist.2012.2501).
21. H. Liu, "Error Performance of MIMO Systems in Frequency Selective Rayleigh Fading Channels," in *Conference Record / IEEE Global Telecommunications Conference*, 2003, vol. 4, pp. 2104–2108, doi: [10.1109/glocom.2003.1258607](https://doi.org/10.1109/glocom.2003.1258607).
22. C. Li and X. Wang, "Performance comparisons of MIMO techniques with application to WCDMA systems," *EURASIP J. Appl. Signal Processing*, vol. 2004, no. 5, pp. 649–661, May 2004, doi: [10.1155/S1110865704309029](https://doi.org/10.1155/S1110865704309029).
23. G. Taricco, "Asymptotic mutual information statistics of separately correlated Rician fading MIMO channels," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 54, no. 8, pp. 3490–3504, Aug. 2008, doi: [10.1109/TIT.2008.926415](https://doi.org/10.1109/TIT.2008.926415).
24. H. H. Chen, Y. C. Yeh, M. Guizani, and Y. M. Huang, "Space-time complementary coding MIMO with joint spatial diversity and multiplex capability," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 7, no. 8, pp. 2950–2956, Aug. 2008, doi: [10.1109/TWC.2008.060551](https://doi.org/10.1109/TWC.2008.060551).
25. E. A. Jorswieck and H. Boche, "Performance analysis of capacity of MIMO systems under multiuser interference based on worst-case noise behavior," *Eurasip J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 2004, no. 2, pp. 273–285, Dec. 2004, doi: [10.1155/s1687147204406136](https://doi.org/10.1155/s1687147204406136).

Received September 21, 2016

Revised February 5, 2019

Accepted March 12, 2020