

УДК

ПРОПУСКАНАЯ СПОСОБНОСТЬ КАНАЛА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДИКИ СУБОПТИМАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ В СРЕДЕ ОБОБЩЕННОГО К-ЗАМИРАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРГИНАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДЯЩЕЙ ФУНКЦИИ МОМЕНТОВ

А. ШАРМА¹, В. К. ДВИВЕДИ² И Г. СИНГХ¹

¹Университет информационных технологий им. Джэйпи,
Индия, Уэйкнагат, Химачал-Прадеш

²Институт информационных технологий им. Джэйпи,
Индия, Ноида, Уттар-Прадеш

Аннотация: В статье представлено вычисление пропускной способности канала при использовании методики субоптимальной адаптации в среде обобщенного К-замирания. Аналитическое выражение для пропускной способности канала с усеченной канальной инверсией при фиксированной скорости C_{TCIFR} (truncated channel inversion with fixed rate) получено с помощью маргинальной производящей функции моментов MMGF (marginal moment generating function). Его эффективность рассчитана в среде обобщенного К-замирания. Правильность этого подхода для расчета пропускной способности канала на основе функции MMGF проверена путем сравнения с результатами других работ для случая канала с канальной инверсией с фиксированной скоростью при использовании методики субоптимальной адаптации

Ключевые слова: обобщенное К-замирание; методика адаптации; канальная инверсия с фиксированной скоростью; усеченная канальная инверсия при фиксированной скорости; маргинальная производящая функция моментов

1. ВВЕДЕНИЕ

Новая схема, основанная на беспроводной связи между распределенными узлами, мотивировала исследователей к использованию составных моделей замирания, поскольку такие распределенные узлы подвергаются действию различного многолучевого/мелкомасштабного замирания и статистики затенения, что определяет необходимую информацию для анализа эффективности различных трансиверов (приемопередатчиков).

Обычно комплексное замирание моделируется с помощью релейского-логнормального (Сузуки) [1] и Накагами-логнормального распределений [2], где распределения Релея/Накагами используются для моделирова-

ния многолучевого замирания, а логнормальное распределение используется для моделирования затенения. Однако модель замирания на основе логнормального (логарифмически-нормального) распределения не способна обеспечить точные результаты при анализе высших порядков, вследствие ее сложной интегральной формы. К-распределение [3] и обобщенное К-распределение [4] предложены в качестве потенциальной замены для релейского-логнормального и Накагами-логнормального распределений, соответственно, где логнормальное распределение аппроксимируется гамма-распределением.

В [4–6] приведено несколько анализов эффективности для обобщенного К-распределения при использовании различных подходов. В

DOI: [10.20535/S002134701608001X](https://doi.org/10.20535/S002134701608001X)

© А. Шарма, В. К. Двivedи, Г. Сингх, 2016

6. *Efthymoglou G. P.* On the performance analysis of digital modulations in generalized-K fading channels / George P. Efthymoglou // *Wireless Personal Commun.* — Aug. 2012. — Vol. 65, No. 3. — P. 643–651. — DOI : [10.1007/s11277-011-0277-8](https://doi.org/10.1007/s11277-011-0277-8).

7. *Goldsmith A. J.* Capacity of fading channels with channel side information / A. J. Goldsmith, P. P. Varaiya // *IEEE Trans. Inf. Theory.* — Nov. 1997. — Vol. 43, No. 6. — P. 1986–1992. — DOI : [10.1109/18.641562](https://doi.org/10.1109/18.641562).

8. *Pandit S.* Channel capacity in fading environment with CSI and interference power constraints for cognitive radio communication system / Shweta Pandit, G. Singh // *Wireless Networks.* — May 2015. — Vol. 21, No. 4. — P. 1275–1288. — DOI : [10.1007/s11276-014-0849-0](https://doi.org/10.1007/s11276-014-0849-0).

9. On the capacity of generalized-k fading channels / Amine Laourine, Mohamed-slim Alouini, Sofiene Affes, Alex Stephenne // *IEEE Trans. Wireless Commun.* — Jul. 2008. — Vol. 7, No. 7. — P. 2441–2445. — DOI : [10.1109/TWC.2008.070103](https://doi.org/10.1109/TWC.2008.070103).

10. *Efthymoglou G. P.* Channel capacity and average error rates in generalized-K fading channels / G. P. Efthymoglou, N. Y. Ermolova, V. A. Aalo // *IET Commun.* — 2010. — Vol. 4, No. 11. — P. 1364–1372. — DOI : [10.1049/iet-com.2009.0457](https://doi.org/10.1049/iet-com.2009.0457).

11. *Renzo M. D.* Channel capacity over generalized fading channels: A novel MGF-based approach for performance analysis and design of wireless communication systems / Marco Di Renzo, Fabio Graziosi, Fortunato Santucci // *IEEE Trans. Vehicular Technol.* — Jan. 2010. — Vol. 59, No. 1. — P. 127–149. — DOI : [10.1109/TVT.2009.2030894](https://doi.org/10.1109/TVT.2009.2030894).

12. *Dwivedi V. K.* Marginal moment generating function based analysis of channel capacity over correlated Nakagami-m fading with maximal-ratio combining diversity / V. K. Dwivedi, G. Singh // *PIER B.* — 2012. — Vol. 41. — P. 333–356. — DOI : [10.2528/PIERB12041901](https://doi.org/10.2528/PIERB12041901).

13. *Dwivedi V. K.* Moment generating function based performance analysis of maximal-ratio combining diversity receivers in the generalized-K fading channels / Vivek K. Dwivedi, G. Singh // *Wireless Personal Commun.* — Aug. 2014. — Vol. 77, No. 3. — P. 1959–1975. — DOI : [10.1007/s11277-014-1618-1](https://doi.org/10.1007/s11277-014-1618-1).

14. *Simon M. K.* Digital Communication over Fading Channels: A Unified Approach to Performance Analysis / Marvin K. Simon, Mohamed-Slim Alouini. — New York : John Wiley and Sons, 2000. — DOI : [10.1002/0471200697](https://doi.org/10.1002/0471200697).

15. *Kostic I. M.* Analytical approach to performance analysis for channel subject to shadowing and fading / I. M. Kostic // *IEE Proc. Commun.* — Dec. 2005. — Vol. 152, No. 6. — P. 821–827. — DOI : [10.1049/ip-com:20045126](https://doi.org/10.1049/ip-com:20045126).

16. *Alouini M.-S.* Sum of gamma variates and performance of wireless communication systems over Nakagami-fading channels / M.-S. Alouini, A. Abdi, M. Kaveh // *IEEE Trans. Vehicular Technol.* — Nov. 2001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Stuber G. L.* Principles of Mobile Communication / G. L. Stuber. — Norwell, MA : Kluwer, 2001.

2. *Tellambura C.* Outage probability analysis for cellular mobile radio systems subject to Nakagami fading and shadowing / C. Tellambura and V. K. Bhargava // *IEICE Trans. Commun.* — Oct. 1995. — Vol. E78-B, No. 10. — P. 1416–1423.

3. *Abdi A.* K distribution: An approximate substitute for Rayleigh-lognormal distribution in fading-shadowing wireless channels / A. Abdi, M. Kaveh // *Electron. Lett.* — 1998. — Vol. 34, No. 9. — P. 851–852. — DOI : [10.1049/el:19980625](https://doi.org/10.1049/el:19980625).

4. *Shankar P. M.* Error rates in generalized shadowed fading channels / P. M. Shankar // *Wireless Personal Commun.* — Feb. 2004. — Vol. 28, No. 3. — P. 233–238. — DOI : [10.1023/B:wire.0000032253.68423.86](https://doi.org/10.1023/B:wire.0000032253.68423.86).

5. On the performance analysis of digital communications over generalized-K fading channels / P. S. Bithas, N. C. Sagias, P. T. Mathiopoulos, G. K. Karagiannidis, A. A. Rontogiannis // *IEEE Commun. Lett.* — May 2006. — Vol. 10, No. 5. — P. 353–355. — DOI : [10.1109/LCOMM.2006.1633320](https://doi.org/10.1109/LCOMM.2006.1633320).

— Vol. 50, No. 6. — P. 1471–1480. — DOI : [10.1109/25.966578](https://doi.org/10.1109/25.966578).

17. *Simon M. K.* A unified approach to the performance analysis of digital communication over generalized fading channels / M. K. Simon, M.-S. Alouini // Proc. IEEE. — Sep. 1998. — Vol. 86, No. 9. — P. 1860–1877. — DOI : [10.1109/5.705532](https://doi.org/10.1109/5.705532).

18. *Dwivedi V. K.* A novel moment generating function based performance analysis over correlated Nakagami-m fading channels / Vivek K. Dwivedi, G. Singh // J. Computational Electron. — Dec. 2011. — Vol. 10, No. 4. — P. 373–381. — DOI : [10.1007/s10825-011-0372-9](https://doi.org/10.1007/s10825-011-0372-9).

19. *Ko Y.-C.* Outage probability of diversity systems over generalized fading channels / Young-Chai Ko, M.-S. Alouini, M. K. Simon // IEEE Trans. Commun. — Nov. 2000. — Vol. 48, No. 11. — P. 1783–1787. — DOI : [10.1109/26.886467](https://doi.org/10.1109/26.886467).

20. *Annamalai A.* Simple and accurate methods for outage analysis in cellular mobile radio systems — a unified approach / A. Annamalai, C. Tellambura, V. K. Bhargava // IEEE Trans. Commun. — Feb. 2001. — Vol. 49, No. 2. — P. 303–316. — DOI : [10.1109/26.905889](https://doi.org/10.1109/26.905889).

21. *Veeravalli V. V.* On performance analysis for signaling on correlated fading channels / V. V. Veeravalli // IEEE Trans. Commun. — Nov. 2001. — Vol. 49, No. 11. — P. 1879–1883. — DOI : [10.1109/26.966050](https://doi.org/10.1109/26.966050).

22. *Alouini M.-S.* A unified approach for calculating error rates of linearly modulated signals over generalized

fading channels / M.-S. Alouini, A. J. Goldsmith // IEEE Trans. Commun. — Sept. 1999. — Vol. 47, No. 9. — P. 1324–1334. — DOI : [10.1109/26.789668](https://doi.org/10.1109/26.789668).

23. *Theofilakos P.* Performance of generalized selection combining receivers in K fading channels / Panagiotis Theofilakos, Athanasios G. Kanatas, George P. Efthymoglou // IEEE Commun. Lett. — Nov. 2008. — Vol. 12, No. 11. — P. 816–818. — DOI : [10.1109/LCOMM.2008.080779](https://doi.org/10.1109/LCOMM.2008.080779).

24. The Wolfram Function Site, 2008. — URL : <http://functions.wolfram.com>.

25. *Gradshteyn I. S.* Table of Integrals, Series, and Products / I. S. Gradshteyn, I. M. Ryzhik. — Ed. 7. — New York : Academic Press, 2007.

26. *Shannon C. E.* A mathematical theory of communication / C. E. Shannon // Bell Sys. Tech. J. — Jul. 1948. — Vol. 27, No. 3. — P. 379–423. — DOI : [10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x](https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x).

27. *Alouini M.-S.* Capacity of Rayleigh fading channels under different adaptive transmission and diversity-combining techniques / M.-S. Alouini, A. J. Goldsmith // IEEE Trans. Vehicular Technol. — Jul. 1999. — Vol. 48, No. 4. — P. 1165–1181. — DOI : [10.1109/25.775366](https://doi.org/10.1109/25.775366).

28. *Prudnikov A. P.* Integrals and Series: More Special Functions : Vol. 3 / A. P. Prudnikov, Y. A. Brychkov, O. I. Marichev. — Gordon and Breach Science, 1990.

Поступила в редакцию После переработки