

УДК 621.371.38

СИДХАРУДХА ШИРГАН¹, УТАМ БОМБАЛЕ²**АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЙ ЗАНЯТОСТИ СПЕКТРА С ПОМОЩЬЮ ШИРОКОПОЛОСНОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ КОГНИТИВНОГО РАДИО**¹Соллапурский университет,
Индия, Соллапур, Махараштра²Университет Шиваджи,
Индия, Колхатур, Махараштра

Аннотация. Дефицит частот, необходимых для работы беспроводной связи, может быть решен путем знания занятости спектра. Поэтому во всем мире проводятся различные измерения для определения загруженности спектра. Было замечено, что большое количество полос недоиспользуется. Эти полосы могут использоваться вторичным пользователем без помех. В этой статье использование спектра определено путем проведения измерений занятости спектра в городе Соллапуре, Индия, в диапазоне частот от 0,7 до 2,4 ГГц. Согласно анализу, полоса сотовой связи Telecom имеет самую высокую занятость спектра, в то время как воздушная радионавигация и фиксированные спутники в значительной мере не используются. Общее среднее заполнение спектра составляет 15.77%. Эти результаты получены с использованием широкополосной микрополосковой антенны с круговой поляризацией вместо коммерчески доступных антенн для подобных измерений, и хорошо согласуются с показателями занятости при наименьшей сложности системы. Результаты предполагают, что город Соллапур станет оптимальным выбором для внедрения когнитивного радио в качестве новой технологии для использования незанятого спектра.

Ключевые слова: когнитивное радио; измерительная кампания; микрополосковая антенна; заполнение спектра

1. ВВЕДЕНИЕ*1.1. Базовые сведения*

Сейчас спрос на пропускную способность увеличивается из-за непрерывного роста новых технологий в беспроводной связи. Частотный спектр распределяется лицензированным и нелицензированным пользователям в соответствии с нормами Федеральной комиссии по связи FCC (Federal Communication Commission) [1]. Анализ заполнения спектра необходим для удовлетворения спроса на полосу пропускания.

Значительное число измерений проведено в мире для анализа занятости спектра [2–10].

Она варьируется от 15 до 60% в зависимости от географического местоположения и времени. Это полезно для предоставления вторичным пользователям возможности использовать незанятые спектральные полосы лицензированных и нелицензированных первичных пользователей без помех на временной основе.

Эта концепция реализована в когнитивном радио [11], где интеллектуальный когнитивный процессор определяет поведение спектра и прогнозирует различный статус занятости канала. Из-за временного использования спектра вторичным пользователем, он может заранее определить список каналов для использо-

DOI: [10.20535/S0021347018020024](https://doi.org/10.20535/S0021347018020024)

© Сидхарудха Ширган, Утам Бомбале, 2018

6. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. "FCC on Line Table of Frequency Allocations," Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology Rules and Policy Division. Revised on August 31, 2016.
2. Wellens, M.; Wu, J.; Mahonen, P. Evaluation of spectrum occupancy in indoor and outdoor scenario in the context of cognitive radio. *Proc. of 2nd Int. Conf. on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications*, CrownCom2007, 1-3 Aug. 2007, Orlando, FL, USA. IEEE, 2007. DOI: [10.1109/CROWNCOM.2007.4549835](https://doi.org/10.1109/CROWNCOM.2007.4549835).
3. Shirgan, S. S.; Bombale, U. L. A wide axial ratio bandwidth circularly polarized antenna for spectrum occupancy measurement campaign. *Int. J. Future Generation Commun. Networking*, Vol. 10, No. 9, P. 49-56, 2017. DOI: [10.14257/ijfgen.2017.10.9.05](https://doi.org/10.14257/ijfgen.2017.10.9.05).
4. Lopez-Benitez, M.; Umberto, A.; Casadevall, F. Evaluation of spectrum occupancy in Spain for cognitive radio applications. *Proc. of Vehicular Technology Conf., VTC Spring*, 26-29 Apr. 2009, Barcelona, Spain. IEEE, 2009. DOI: [10.1109/VETECS.2009.5073544](https://doi.org/10.1109/VETECS.2009.5073544).
5. Valenta, V.; Marsalek, R.; Baudoin, G.; Villegas, M.; Suarez, M.; and Robert, F. Survey on spectrum utilization in Europe: Measurements, analysis and observations. *Proc. of Fifth Int. Conf. on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications*, CROWNCOM, 9-11 Jun. 2010, Cannes, France. IEEE, 2010. DOI: [10.4108/ICST.CROWNCOM2010.9220](https://doi.org/10.4108/ICST.CROWNCOM2010.9220).
6. Chiang, R. I. C.; Rowe, G. B.; Sowerby, K. W. A quantitative analysis of spectral occupancy measurements for cognitive radio. *Proc. of IEEE 65th Vehicular Technology Conf., VTC2007-Spring*, 22-25 Apr. 2007, Dublin, Ireland. IEEE, 2007, pp. 3016-3020. DOI: [10.1109/VETECS.2007.618](https://doi.org/10.1109/VETECS.2007.618).
7. Patil, Kishor; Skouby, Knud; Chandra, Ashok; Prasad, Ramjee. Spectrum occupancy statistics in the context of cognitive radio. *Proc. of 14th Int. Symp. on Wireless Personal Multimedia Communications*, WPMC, 3-7 Oct. 2011, Brest, France. IEEE, 2011, pp. 486-490. URI: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6081549/>.
8. Islam, M. H.; Koh, C. L.; Oh, S. W.; Qing, X.; Lai, Y. Y.; Wang, C.; Liang, Y.-C.; Toh, B. E.; Chin, F.; Tan, G. L.; Toh, W. Spectrum survey in Singapore: Occupancy measurements and analyses. *Proc. of 3rd Int. Conf. on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications*, CROWNCOM, 15-17 May 2008, Singapore, Singapore. IEEE, 2008. DOI: [10.1109/CROWNCOM.2008.4562457](https://doi.org/10.1109/CROWNCOM.2008.4562457).
9. Lopez-Benitez, M.; Casadevall, F. Methodological aspects of spectrum occupancy evaluation in the context of cognitive radio. *Proc. of 15th European Wireless Conf., EW2009*, 17-20 May 2009, Aalborg, Denmark. IEEE, 2009. DOI: [10.1109/EW.2009.5357973](https://doi.org/10.1109/EW.2009.5357973).
10. Yucek, T.; Arslan, H. A survey of spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications. *IEEE Commun. Surveys Tutorials*, Vol. 11, No. 1, p. 116-130, 2009. DOI: [10.1109/SURV.2009.090109](https://doi.org/10.1109/SURV.2009.090109).

11. Mitola, J.; Maguire, G. Q. Cognitive radio: making software radios more personal. *IEEE Personal Commun.*, Vol. 6, No. 4, p. 13-18, 1999. DOI: [10.1109/98.788210](https://doi.org/10.1109/98.788210).

12. Yin, Liang; Yin, S.; Hong, Weijun; Li, Shufang. Spectrum behavior learning in cognitive radio based on artificial neural network. *Proc. of Military Commun.*

Conf., 7-10 Nov. 2011, Baltimore, MD, USA. IEEE, 2011. DOI: [10.1109/MILCOM.2011.6127671](https://doi.org/10.1109/MILCOM.2011.6127671).

13. International Telecommunication Union (ITU), Radio Communication Bureau, "Handbook Spectrum Monitoring", 2011.

14. National Frequency Allocation Plan NFAP-2011.

Поступила в редакцию 13.04.2017

После переработки 18.01.2018