

Научная статья
УДК 621.39

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА РАБОТУ WI-FI И BLUETOOTH

Олеся Алексеевна Рожкова¹, Александр Витальевич Лубенцов²

^{1,2} Воронежский институт ФСИН России,

Воронеж, Россия

¹ alesya300704gmail.com

² lubensov@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются Wi-Fi и Bluetooth, воздействие на беспроводную связь электромагнитных воздействий, а также наиболее частые атаки, производимые с помощью излучений. Анализируются причины возникновения данных явлений.

Ключевые слова: беспроводная связь, электромагнитное воздействие, электромагнитные волны, Wi-Fi, Bluetooth

Для цитирования: Рожкова О. А., Лубенцов А. В. Структурный анализ воздействия электромагнитных излучений на работу Wi-fi и Bluetooth // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 604–609.

Original article

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE ELECTROMAGNETIC RADIATION EFFECTS ON THE OPERATION OF WI-FI AND BLUETOOTH

Olesya A. Rozhkova¹, Alexander V. Lubentsov²

^{1,2} Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia,

Voronezh, Russia

¹ alesya300704gmail.com

² lubensov@mail.ru

Abstract. The article discusses Wi-Fi and Bluetooth, the impact of electromagnetic influences on wireless communications, as well as the most frequent attacks carried out using radiation. The causes of these phenomena are analyzed.

Keywords: wireless communication, electromagnetic interference, electromagnetic waves, Wi-Fi, Bluetooth

For citation: Rozhkova O. A., Lubentsov A. V. (2025) Strukturnyj analiz vozdejstviya elektromagnitnyh izluchenij na rabotu Wi-Fi i Bluetooth [Structural analysis of the electromagnetic radiation effects on the operation of Wi-fi and Bluetooth]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 604–609. (In Russ).

В условиях современности повсеместно используются технологии беспроводной связи, например, Wi-Fi и Bluetooth обеспечивают подключение к локальной сети, доступ в Интернет, передачу файлов и подключение гарнитур. Беспроводная связь на данный момент является важным средством коммуникации, поэтому выделяется немалое количество ресурсов для ее улучшения. Но вместе с ростом использования данных технологий наблюдается также рост уязвимостей радиосвязей, в основе которых лежит воздействие электромагнитных излучений. В результате данных атак происходит снижение производительности устройств, нарушение их работы, а также возможен несанкционированный доступ к передаваемым данным. Возникает острая потребность разработать надежные методики, которые позволят обнаружить и предотвратить негативное воздействие электромагнитных излучений, для обеспечения устойчивости систем и поддержания их эффективности.

Цель исследования – изучить механизмы воздействия электромагнитных излучений на работу радиосвязи, выявить характерные изменения, вызванные воздействием излучений, а также исследовать методы подавления их воздействия на беспроводную связь.

Рассмотрим наиболее частые типы электромагнитных излучений, применяемых в атаках, а именно радиочастотные излучения.

Радиочастотными считаются излучения с диапазоном частот от 3 кГц до 300 ГГц. Важно отметить, что упомянутые ранее Wi-Fi и Bluetooth также работают в данном диапазоне: согласно стандарту IEEE 802.11, 2,4 ГГц или 5 ГГц – Wi-Fi; стандарту IEEE 802.15.1, 2,4 ГГц – Bluetooth. Источники данных электромагнитных излучений могут быть естественными и искусственными. В качестве примеров естественных источников радиочастотных излучений можно выделить солнечную активность или атмосферные разряды (грозы). В первом случае могут возникать магнитные бури, вследствие которых ионосфера, отражающая радиоволны, становится

нестабильной и способной отражать радиоволны в непредсказуемом направлении, создавая дифракцию и интерференцию волн. В результате спутниковое соединение нарушается и ухудшается качество сигнала, а именно возникает прерывание соединения и снижение скорости передачи данных. Во втором случае удары молнии способны индуцировать ток в проводах, подключенных к Wi-Fi устройствам, а также создавать электромагнитный шум, следовательно, помехи, нарушая работу беспроводной связи. Однако рассмотренные примеры являются утрированными и не относятся к числу постоянных проблем [1].

К искусственным источникам RF-изучений относятся устройства, способные генерировать радиоволны в определенном спектре. Они окружают людей повсеместно: мобильные телефоны, спутниковые системы, телевидение и многое другое, чем каждый человек пользуется в быту. Обратим внимание на используемые частоты бытовых устройств, приведенных в таблице.

Используемые частоты бытовых устройств

Устройства	Диапазон используемых частот
Мобильные устройства • GSM • CDMA • UMTS • LTE • 5G	850 МГц – 1900 МГц 800 МГц – 1900 МГц 850 МГц – 2100 МГц 700 МГц – 2600 МГц 600 МГц – 2600 МГц, 28 ГГц – 39 ГГц
Микроволновые печи	2,45 ГГц
Радиоприемники • AM • FM	530 кГц – 1700 кГц 88 МГц – 108 МГц
Спутниковые антенны	1 ГГц – 40 ГГц

Из анализа данных таблицы можно сделать вывод, что Wi-Fi и Bluetooth используют индивидуальные частоты, что значительно снижает возможность интерференции, но не исключает ее. Однако такая интерференция недостаточно мощная, чтобы в сильной мере изменить амплитуду Wi-Fi и Bluetooth сигналов. Волны беспроводной связи могут быть слабее при близком расположении ее источника к устройствам, работающим на тех же частотах, или более мощным радиопередатчикам [2].

В ходе анализа выявлено, что воздействие электромагнитных излучений незначительно для сигналов Wi-Fi и Bluetooth. Это объясняется несколькими причинами. Во-первых, по принципу суперпозиции, радиоволны, встречаясь в одной точке, не интерферируют друг с другом, а суммируются. Во-вторых, выделенная полоса частот не позволяет сигналам в значительной степени изменяться при пересечении с другими сигналами. В-третьих, для приема рассматриваемых сигналов применяются специальные фильтры, которые блокируют сигналы, распространяющиеся с прочей частотой.

Несмотря на то, что стороннее электромагнитное воздействие оказывает слабое влияние на изменения в работе беспроводной связи, существуют другие факторы, ухудшающие сигнал.

В исследовании Д. А. Щетниковой утверждается, что существующие во внутренних областях помещений предметы обстановки, а также стены обуславливают то, что будут препятствия при процессах распространения радиоволн. То, насколько существенным образом препятствие будет ослаблять сигнал, связано со свойствами материалов [3]. В действительности, это правда. Скорость электромагнитной волны рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\mu\epsilon}},$$

где v – скорость электромагнитной волны, c – скорость света в вакууме, ϵ – диэлектрическая проницаемость, μ – относительная магнитная проницаемость. Для воздуха переменные, стоящие в знаменателе дроби, равны 1, в то время как диэлектрическая проницаемость бетона 4,5, а относительная магнитная проницаемость железа достигает от 5 до 200 тысяч.

От скорости электромагнитной волны зависит ее длина:

$$\lambda = \frac{v}{\nu},$$

где λ – длина волны, v – скорость электромагнитной волны, ν – частота. С уменьшением скорости волны ее длина становится короче, а следовательно, волна более склонна к рассеянию и поглощению.

Также в своей работе Д. А. Щетникова указывает на влияние интерференции: «Во внутренних областях помещений необходимо учитывать то, какое влияние оказывает явление интерференции». Ранее мы уже аргументировали, почему волны Wi-Fi и Bluetooth слабо интерферируют с волнами других устройств, однако при многократном отражении от различных поверхностей, имеющих в помещении, рассматриваемые волны способны сталкиваться «сами с собой» [3].

Интенсивность результирующего сигнала волн с амплитудами A_1 и A_2 пропорциональна квадрату модуля его комплексной амплитуды:

$$I = (A_1 e^{i\varphi_1} + A_2 e^{i\varphi_2})(A_1 e^{-i\varphi_1} + A_2 e^{-i\varphi_2}),$$

где I – результирующая интенсивность, φ_1 и φ_2 – фазовый сдвиг волны. Будем считать, что сигнал беспроводной связи вблизи источника характеризуется амплитудой A_1 и фазовым сдвигом φ_2 , а после отражения – A_1 и φ_2 .

Известно, что после отражения волна «теряет» одну полуволну, следовательно, фазовый сдвиг изменяется на величину равную $\pi/2$. В результате интенсивность результирующей волны уменьшается, что является следствием деструктивной интерференции. Данное явление приводит к появлению так называемых «мертвых зон», в которых сигнал очень слабый или полностью отсутствует [4].

Необходимо также учитывать количество устройств, подключенных к источнику сигнала. При обмене данными используется радиоканал связи, обладающий определенной пропускной способностью. При подключении нескольких устройств для каждого участника выделяется лишь часть данной характеристики.

Рассмотрим пример. Полоса пропускания 100 Мбит/с, сотрудники А и Б скачивают файлы со скоростью 50 Мбит/с каждый, занимая всю полосу. Таким образом третий сотрудник уже не сможет пользоваться данным каналом, так как он полностью занят до завершения скачивания.

Таким образом, действительной причиной ослабления сигналов являются неправильное расположение излучателей интересующих волн, физические препятствия, способные поглощать или отражать сигнал, а также перегрузка канала в следствие подключения к нему большого количества устройств, что приводит к замедлению передачи данных. Данные проблемы возможно решить правильным расположением источников и приемников Wi-Fi и Bluetooth сигналов, а также верным распределением каналов связи [5].

Список источников

1. Беспроводные сети Wi-Fi : учебное пособие / А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Д. Н. Чирков [и др.]. М. : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ) : Бином. Лаборатория знаний, 2007. 216 с. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233207> (дата обращения: 09.10.2024).
2. Феер К. Беспроводная цифровая связь. М. : Радио и связь, 2000. 519 с.

3. Щетникова Д. А. Исследование характеристик передающих устройств Wi-Fi внутри помещения // Международный студенческий научный вестник. ООО «Информационно-технический отдел Академии Естествознания». 2017. № 4–9. С. 1429–1432.

4. Габидулин Э. М., Пилипчук Н. И. Лекции по теории информации : учебное пособие. М. : МФТИ, 2007. 213 с.

5. Лубенцов А. В., Душкин А. В. Комплексные системы безопасности: системный анализ, архитектура, управление жизненным циклом. Воронеж : Научная книга, 2022. 254 с.