

Астафьев А.В., Астафьев А.С., Кондрушин И.Е.  
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
 E-mail: Alexandr.Astafiev@mail.ru

### Организация позиционирования радиоустройств внутри помещений на основе информации о состоянии канала связи

При разработке современных прикладных систем всё большее внимание уделяется точности позиционирования разрабатываемых устройств или объектов интереса. Если в открытом пространстве большинство задач решается за счёт использования систем глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС и т.д.), то в закрытых пространствах использование подобных методов дает менее точный результат в виду наличия большого количества физических преград и эффекта многолучевого распространения. Для решения задач внутреннего позиционирования и организации бесшовной навигации используются методы и алгоритмы, основанные на техническом зрении, анализе магнитного поля, данных с инерциальных датчиков и радиоустройств [1].

В работе рассматривается организация позиционирования объекта интереса с установленным радиоустройством, работающим на основе технологии WiFi. Большинство исследований в данном направлении рассматривают показатель уровня принимаемого сигнала RSSI для построения алгоритмов. Однако, в последние годы всё больше научных групп рассматривают информацию о состоянии канала связи (CSI) как более подробную информацию о характере распространения сигнала. Благодаря использованию модуляции OFDM можно получить информацию о 56 поднесущих при использовании стандарта WiFi4 [2], а использование технологии MIMO позволяет получать эти данные по каждой паре антенн. Визуально, процесс извлечения передачи информации о состоянии канала связи можно представить в виде рисунка 1.

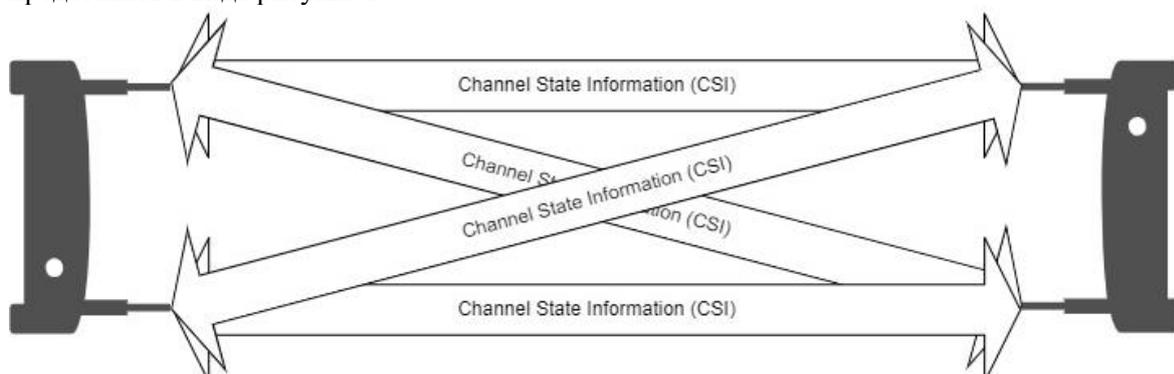


Рис. 1. Процесс передачи информации в сетях WiFi

Исходя из этого, целью исследования является разработка методов и алгоритмов для организации позиционирования внутри помещений с использованием информации о состоянии канала связи и искусственных нейронных сетей.

Для формирования обучающей выборки был проведен эксперимент в технической лаборатории размером 6x5 метров. В дальнюю часть лаборатории устанавливался стационарный принимающий маршрутизатор. В качестве объекта интереса выступал передающий маршрутизатор, который последовательно перемещался в различные точки наблюдения. Точки наблюдения располагались в прямой видимости принимающего маршрутизатора с шагом в 25 сантиметров. Для учёта углового смещения были проведены замеры со смещением в 50 сантиметров. Общее количество точек сбора информации о состоянии канала связи составило 90. Для каждого расстояния было собрано более 6000 измерений.

Для достижения сбалансированности обучающей выборки было принято решение использовать по 5000 измерений на каждой дальности. Тестовая выборка включает в себя по 800 измерений на каждое расстояние.

Таким образом, обучающая выборка включает в себя 70 000 измерений информации о состоянии канала связи: 15 680 000 значений фаз и 15 680 000 значений амплитуд.

Для организации позиционирования задача была представлена как задача классификации расстояния между маршрутизаторами. Для решения поставленной задачи был использован аппарат нейронных сетей. На вход нейронной сети подавались данные о фазе и амплитуде по всем парам антенн. Таким образом, количество нейронов входного слоя равно 448. В качестве скрытых слоёв были использованы полносвязные слои, состоящие из 256 нейронов с последующим слоем регуляризации (dropout). На выходе был применен полносвязный слой с функцией активации softmax. Количество нейронов на выходном слое соответствует количеству классов расстояний.

После проведенных экспериментальных исследований был сделан вывод, что величина ошибки определения расстояния варьируется в диапазоне 0,55-3,13%. Однако, в случае рассмотрения этих вероятностей как вероятностей ошибок независимых событий, то величина ошибки варьируется в пределах от  $0,35 \cdot 10^{-7}$  до  $0,45 \cdot 10^{-4}$ .

#### Список литературы:

1. Astafiev A.V., Zhiznyakov A. L., Zakharov A. A., Privezentsev D. G. Algorithm for Preliminary Processing Channel State Information of the WIFI Communication Channel for Building Indoor Positioning Systems. 24th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA), 2022, pp. 1-4
2. Astafiev AV, Titov DV, Zhiznyakov AL, Demidov AA. A method for mobile device positioning using a sensor network of BLE beacons, approximation of the RSSI value and artificial neural networks. Computer Optics 2021; 45(2): 277-285. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-826.
3. IEEE Std. 802.11n-2009: Enhancements for higher throughput. <http://www.ieee802.org>, 2009.