

Алгоритм оптимизации электромагнитной обстановки в сетях радиодоступа с учетом RSSI на абонентском устройстве

О. Ю. Казьмин¹, О. А. Симонина²

Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
¹Kazmin.qip.18@gmail.com, ²olga.simonina@spbgut.ru

Аннотация. Предложен вариант алгоритма, обеспечивающего регулировку мощностных параметров в группе из нескольких близкорасположенных точек доступа с учетом их взаимного негативного влияния друг на друга. Программно-аппаратная модель, соответствующая данному алгоритму, должна включать в себя элементы машинного обучения, полученные на основании данных об использовании точки доступа абонентскими устройствами. Особенностью такого алгоритма является учет не только взаимного влияния точек доступа друг на друга, но уровень мощности RSSI, принимаемый подключенными абонентскими устройствами.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость; машинное обучение; сети высокой плотности

I. ПРОБЛЕМАТИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В СЕТИ Wi-Fi ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

Сети *Wi-Fi* сегодня активно используются в самых разных областях для передачи трафика как мультисервисного, так и специального, в том числе трафика управления устройствами. На данном этапе развития стандартов семейства *IEEE 802.11* совершается новый виток в условиях высокой плотности клиентских устройств. Наблюдается рост как абонентских устройств внутри сети, так и рост числа сетей *Wi-Fi*. Совокупность одновременно функционирующих точек доступа *Wi-Fi* (*AP*) в определенное время и в определенном месте формирует электромагнитную обстановку (ЭМО), а их способность одновременно функционировать без отрицательного взаимного влияния друг на друга лежит в плоскости вопросов электромагнитной совместимости (ЭМС). Ранее предложенные решения обеспечения ЭМС опираются на ЭМО, при которой не было множество близкорасположенных сетей с высокой плотностью устройств. Таким образом, с изменением сценариев предоставления услуг беспроводной связи, необходимы новые подходы в организации обеспечения ЭМС в сетях высокой плотности. Например, централизованное управление параметрами сети для обеспечения наилучшей ЭМС.

Высокоплотные сети *Wi-Fi* обычно предполагают наличие специфических функциональных возможностей беспроводной инфраструктуры, которые не всегда

оказываются востребованы в традиционных сетях *Wi-Fi* [1]. Основные из этих функций – динамическое управление ресурсами, пулы виртуальных локальных сетей (*VLAN Pooling*), подстройка чувствительности приема и пр. Такой подход усложняет сетевые решения, приводит к неоптимальному управлению радиоресурсами и не учитывает взаимное влияние различных беспроводных сетей. На смену набору функций предлагается ввести единую систему управления организацией распределения ресурсов внутри сети и регулировку параметров ЭМС для обеспечения возможности одновременной работы нескольких близкорасположенных сетей.

II. ОСОБЕННОСТИ СЕТЕЙ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ В УСЛОВИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В настоящее время происходит новый виток в использовании технологии *Wi-Fi* для новых устройств: высокие темпы роста набирает технология интернета вещей (*IoT*). В данной технологии большинство бытовых устройств и домашней цифровой снабжается микроконтроллером и *Wi-Fi*-модулем – такое решение позволяет все подключенные устройства увязать в единую сеть, имеющую централизованное управление и контроль со стороны пользователя из любой локации земного шара, при наличии выхода в сеть Интернет.

Если в сети *IoT* будет использован набор стандартов *IEEE 802.11*, то задача оптимизации ЭМС сводится к разработке алгоритма, с помощью которого будет произведена оптимизация ЭМО в сетях радиодоступа, построенных на технологии *Wi-Fi*. Известно, что точки доступа *Wi-Fi* работают согласно стандартам семейства *IEEE 802.11*. Данные стандарты основаны на частотном разделении канальных групп в комбинации с помехоустойчивыми кодами. При работе в сетях высокой плотности речь идет об одновременно функционирующих устройствах, использующих широкополосные сигналы. Электромагнитная обстановка тем лучше, чем дальше по частоте разнесены *AP* с высоким уровнем RSSI (англ. *Received Signal Strength Indicator*). Алгоритмы нечеткой логики можно использовать при решении задачи оптимизации частотного диапазона и осуществлять адаптивный выбор мощности точки доступа [2].

Если для расчета принять во внимание сеть, состоящую из множества AP_k , номера которых обозначены k , $k = 1, 2, 3, \dots, 10$, то при изменении параметров мощности излучения алгоритм должен решить задачу поиска наилучшего набора мощностей всех близкорасположенных AP сети. Принятая мощность может быть рассчитана следующим образом:

$$Y_{дБ} = P_{t,дБмВт} + G_{t,дБ} - P_{min,дБмВт} - L_{t,дБ} - L_{r,дБ}$$

где $P_{t,дБмВт}$ – мощность передатчика; $G_{t,дБ}$ – коэффициент усиления передающей антенны; $P_{min,дБмВт}$ – чувствительность приемника на данной скорости; $L_{t,дБ}$ – потери в антенно-фидерном тракте передатчика; $L_{r,дБ}$ – потери в антенно-фидерном тракте приемника.

Важно понимать, что сигналы с других AP считаются мешающими. Чем выше уровень сигнала мешающего AP_k поступает на вход антенны исследуемого AP_i , тем хуже качество связи в сети, образованной исследуемым роутером. Таким образом, цель алгоритма состоит в том, чтобы обеспечить наименьшее взаимное влияние точек доступа сети друг на друга:

$$\min\{Y_i \Sigma_{дБ} = \Sigma Pr_{x,i,j,дБ}, \text{ где } i, j = 1 \dots k \text{ и } i \neq j, k, j = 1\},$$

где $Y_i \Sigma_{дБ}$ – суммарная мощность мешающих сигналов, принятая всеми роутерами системы; $Pr_{x,i,j,дБ}$ – суммарная мощность, полученная на i -м устройстве от j AP сети.

В машинном обучении существует множество методов для организации нейронной сети [3]. Например, метод линейной регрессии: линейная модель, которая предполагает линейную связь между входными переменными и переменными вывода. Регрессия относится к классу задач обучения с учителем, когда по заданному набору признаков наблюдаемого объекта необходимо спрогнозировать некоторую целевую переменную [4]. Для оптимизации беспроводной сети предполагается разработать алгоритм адаптации, который представляется как математический комплекс машинного обучения. Данный комплекс самообучается на частоте использования AP и выдает больше мощности тому пользователю, который наиболее активен в данный момент времени.

III. АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ЭМО В СЕТИ РАДИОДОСТУПА

Предлагаемая схема алгоритма состоит из 37 основных блоков, которые производят настройку сети, самопроверку функциональности на начальном этапе, осуществляют ежечасный сбор параметров активности $Wi-Fi$ точек доступа для обучения нейронной сети в течение 30 дней, осуществляют адаптивную регулировку параметров за счет алгоритмов машинного обучения и продолжают процесс обучения нейронной сети. На рис. 1, 2 и 3 приведен алгоритм программы, разработанный в соответствии с ГОСТ 12003-80. Блоки 1–10 служат для первоначальной настройки системы из трех близкорасположенных роутеров, к каждому из которых подключены абонентские устройства.

Алгоритм изначально опрашивает $RSSI$ на всех абонентских устройствах (блоки 3, 5, 7). При неудовлетворительных данных мощность точки доступа

включается на 100 % (блок 4), и снова следует опрос $RSSI$. Блок 11 создает пустой массив для хранения данных, которые будут использованы для обучения.

На следующем этапе (рис. 2, блоки 12-22) происходит включение точек доступа в штатном режиме и ежечасный опрос количества используемого трафика каждой AP на протяжении 30 дней – эти данные будут использоваться как входные в нейронной сети. После получения данных выполняется расчет целевых показателей мощности (блок 24) и запускается процесс обучения нейронной сети, которая использует метод линейной регрессии (блок 23).

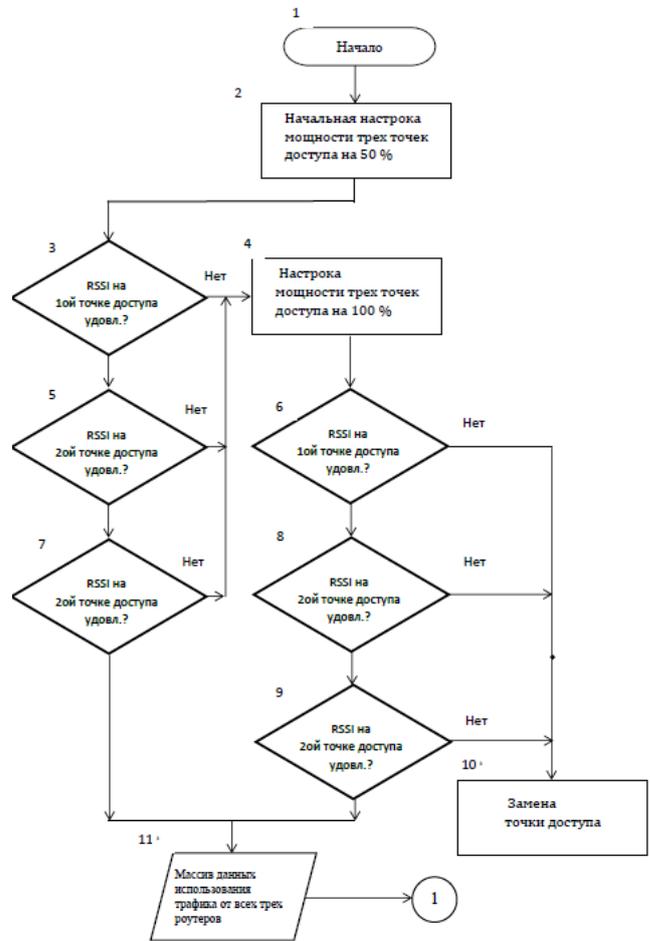


Рис. 1. Алгоритм опроса $RSSI$ на пользовательских устройствах

Следующая часть алгоритма (рис. 3, блоки 25–36) использует полученный алгоритм для выставления соответствующих мощностей на всех точках доступа настраиваемой системы. При этом как и в начале работы алгоритма обеспечен контроль и учет $RSSI$ на абонентских устройствах, так как недостаточная мощность, которую выставил алгоритм машинного обучения, может привести к нестабильной работе соединения с абонентскими устройствами. При нехватке мощности и низком $RSSI$ алгоритм сам поднимет мощность роутера на 5 % (блоки 28–34).

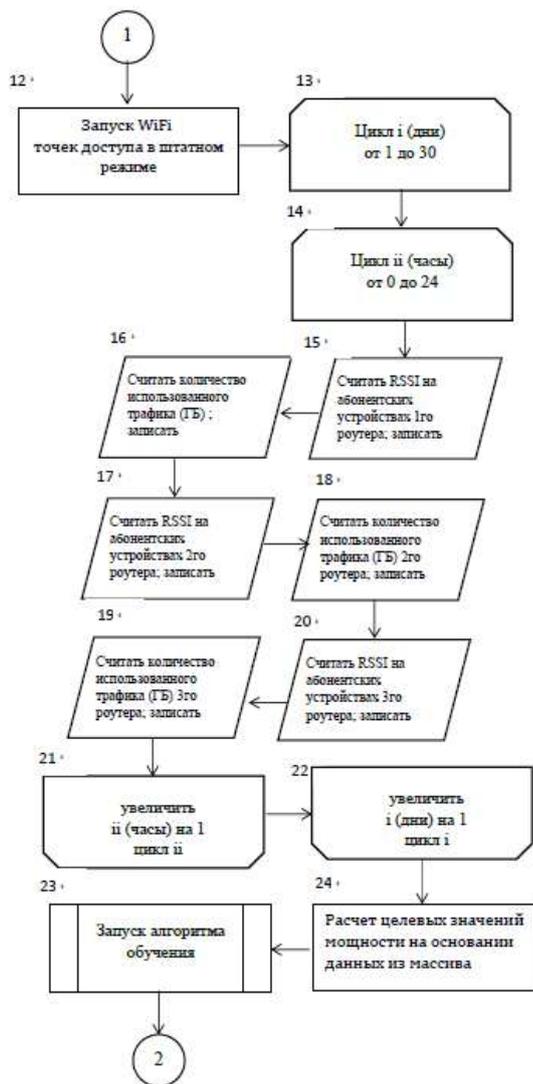


Рис. 2. Алгоритм включения точек доступа в штатном режиме и ежечасный опрос количества используемого трафика

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный алгоритм способен произвести оптимизацию сети из трех точек доступа *Wi-Fi* с помощью алгоритмов нечеткой логики. Особенность построения данного алгоритма заключается в учете не только взаимного отрицательного влияния *AP* друг на друга, но и учет качества связи между *AP* и абонентским устройством. Данный алгоритм может быть масштабирован для системы из большего числа устройств.

В дальнейшем необходимо провести исследования на реальной сети и определить временные характеристики, позволяющие оценить скорость установления оптимального режима и устойчивость системы к изменениям электромагнитной обстановки.

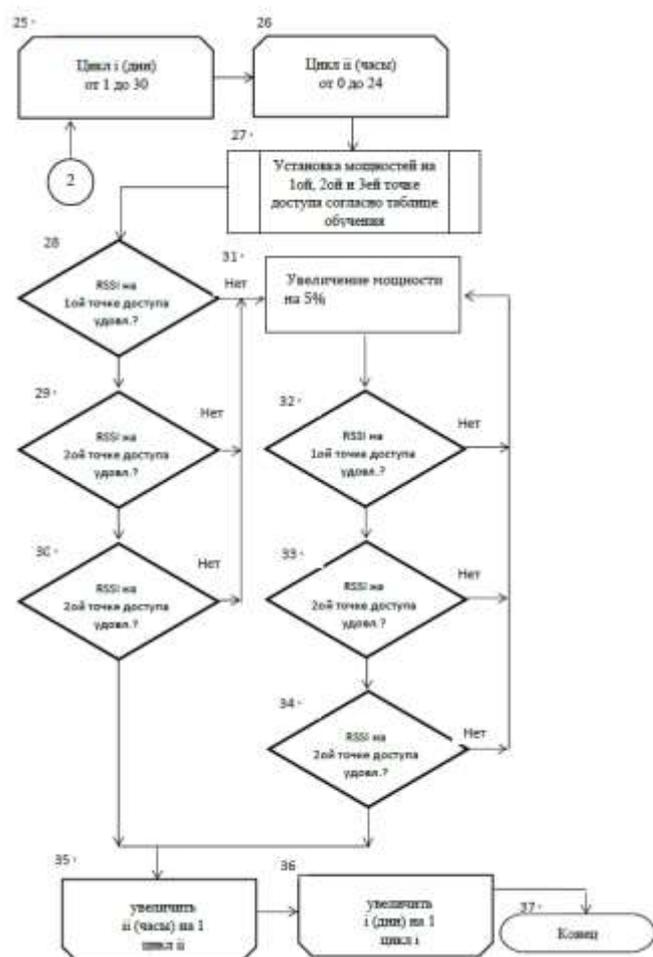


Рис. 3. Алгоритм выставления соответствующих мощностей на всех точках доступа

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Викулов А.С., Парамонов А.И. Функциональные особенности сетей *Wi-Fi* с высокой плотностью пользователей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Т. 6. №. 2. С. 49-61.
- [2] Казьмин О.Ю., Симонина О.А. Методика обеспечения электромагнитной совместимости в сетях высокой плотности //СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК. 2020. №. 1. С. 220-222.
- [3] Рутковский Лешек. Методы и технологии искусственного интеллекта / Пер. с польск. И.Д. Рудинского. Горячая линия – Телеком, 2010. 520 с., ил.
- [4] Harris C.J., Moore C.G., Brown M. Intelligent Control: Aspects of fuzzy logic and neural nets, World Scientific, 1993.