

УДК 004.725.5

М.Э. Яновский

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

МЕТОДЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ТОЧЕК ДОСТУПА В БЕСПРОВОДНЫХ ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВАНИИ КРИТЕРИЯ ПОЛНОТЫ ПОКРЫТИЯ АБОНЕНТСКИХ СТАНЦИЙ

Проанализированы существующие способы размещения точек доступа в беспроводных локальных компьютерных сетях. Предложен усовершенствованный метод определения оптимального местоположения, количества и радиусов зон обслуживания активных точек доступа на основании степени близости каждой беспроводной абонентской станции к остальным с учетом полноты покрытия и максимального количества пользователей, которые могут быть подключены к одной точке доступа одновременно. Предложен алгоритм балансировки беспроводных абонентских станций для равномерного распределения их количества между точками доступа с учетом критерия энергоэффективности.

Ключевые слова: беспроводные локальные компьютерные сети, беспроводные точки доступа, полнота покрытия, качество обслуживания.

Введение

Одной из основных целей проектирования беспроводной локальной компьютерной сети (БЛКС) является обеспечение полноты покрытия для всех пользователей в зоне доступа БЛКС. Для достижения указанной цели разработчикам БЛКС необходимо решать задачу, как и где разместить точки доступа (ТД), чтобы удовлетворить требования к качеству обслуживания абонентов. Несмотря на то, что покрытие, в первую очередь, определяется количеством ТД, размещение слишком большого их числа повышает стоимость системы в целом, а использование недостаточного количества может привести к неполному покрытию абонентских станций и появлению мертвых зон.

В настоящее время для размещения точек доступа разработчиками БЛКС используется метод, основанный на радиочастотном обследовании объекта [1]. Этот метод включает в себя обнаружение мест, которые подходят для размещения ТД, на основании измерения мощности сигнала и соотношения сигнал/шум. Эти измерения должны быть воспроизведены многократно, чтобы обеспечить надежные результаты. Тем не менее, такой метод является дорогостоящим и его результаты не совсем достоверны из-за особенностей планировки здания и расположения абонентов внутри него.

Другой подход для поиска наилучшего способа размещения точек доступа основан на использовании методов оптимизации. Для определения позиции точек доступа используются дискретные математические модели [2, 3]. Область покрытия разбивается на прямоугольники либо шестигранники и представляется в виде сетки, а ТД помещаются в центры этих фигур. Чтобы получить удовлетворительный результат, размер сетки должен быть достаточно малым. Однако в

таком случае размерность задачи может быть очень высока. По этой причине в некоторых работах [4] предпочитают непрерывные математические модели либо комбинации обоих методов [5].

Недостатком указанных методов является то, что они базируются на концепции выбора самой беспроводной абонентской станцией наилучшей обслуживающей точки доступа и ограничиваются рамками отдельной части беспроводной сети, состоящей из одного абонента и базовых станций-кандидатов, не учитывая взаимодействие с другими частями беспроводной сети, исключая возможность балансировки беспроводных абонентских станций между соседними точками доступа в зависимости от их нагрузки. При этом существует вероятность того, что пользователь не сможет подключиться ни к одной из множества точек доступа, если будет находиться за пределами зоны обслуживания хотя бы одной из них, когда часть ТД будет отключена или неработоспособна. Кроме того, данные методы не учитывают максимальное количество беспроводных абонентских станций, которые могут быть подключены к ТД, и максимальный радиус зоны обслуживания, формируемый ТД.

Целью данной работы является разработка метода оптимального размещения точек доступа относительно абонентов в БЛКС. В основу предлагаемого метода поставлена задача усовершенствования известных способов размещения ТД путем поиска координат расположения и количества ТД таким образом, чтобы удовлетворить требования к качеству обслуживания всех существующих абонентов. Поставленная задача решается тем, что множество ТД разделяют на подмножества активных (используемых в данный момент времени) и пассивных (неиспользуемых); оптимальное количество активных ТД, координаты их размещения, ра-

диусы покрытия зон обслуживания и частотные каналы определяют, исходя из фактического количества и координат размещения беспроводных абонентских станций. Выбор оптимального количества и местоположения активных ТД также определяют на основании критерия степени близости беспроводной абонентской станции к остальным с учетом максимального количества пользователей, которые могут быть подключены к одной точке доступа. После проводится процедура балансировки беспроводных абонентских станций для равномерного распределения их количества между ТД с учетом критерия энергоэффективности.

Основной раздел

Таксономия компонентов беспроводных локальных компьютерных сетей

В качестве беспроводной абонентской станции может выступать персональный компьютер с беспроводной сетевой картой Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac, ноутбук, смартфон, или любое другое устройство с возможностью подключения к беспроводной сети. Точка доступа имеет всенаправленную антенну с круговой диаграммой направленности и формирует зону обслуживания на плоскости в виде круга. Для каждой точки доступа существует ограничение максимального количества STA на абонентских станциях, которое может быть с ней ассоциировано. Это ограничение, а также минимально- и максимально-возможные радиусы покрытия зоны обслуживания (R_{min} , R_{max}) определяются спецификацией конкретной модели точки доступа и зависят от ее характеристик и мощности сигнала. Для определения координат абонентов, для которых необходимо сформировать покрытие зоны обслуживания, может использоваться метод «Footprint», который определяет местоположение по уникальному радиочастотному следу с использованием спектрального портрета сигнала [6].

ТД в БЛКС могут быть активными (используемые в данный момент времени) и пассивными (находящиеся в резерве). По принципу расположения беспроводные ТД можно разделить на 3 типа: стационарные, мобильные и квазимобильные. Стационарные ТД размещаются статически в определенном месте и могут менять только радиус зоны обслуживания путем регулирования мощности передающей антенны. Мобильные – это такие ТД, которые могут перемещаться с одного места на другое, динамически формируя покрытие зоны обслуживания в заданной области относительно своего местоположения. Квазимобильные ТД размещаются статически, но, в отличие от стационарных, формируют перемещаемое покрытие за счет использования антенн, способных динамически изменять диаграммы направленности.

Выбор оптимального количества и местоположения активных ТД

Для поиска оптимального местоположения точки доступа, при использовании активных, необходимо определить кратчайший путь к точке оптимального размещения и/или рассчитать параметры для формирования оптимальной диаграммы направленности антенны. Распределение частотных каналов между пересекающимися зонами обслуживания следует проводить согласно требованиям IEEE по обеспечению минимума в 25MHz для разнесения центров каналов, пересекающихся в полосе 2.4GHz, в которой работают WiFi-устройства. Данные требования регламентируют три доступных непересекающихся канала: 1, 6, 11.

Выбор оптимального количества и местоположения активных точек доступа также определяется на основании критерия степени близости каждой беспроводной абонентской станции к остальным с учетом максимального количества абонентов, которое может быть подключено к одной точке доступа одновременно. Степень близости беспроводной абонентской станции к остальным вычисляется с помощью интегрального параметра в качестве метода обобщенной оценки удаленности каждой отдельно-взятой беспроводной абонентской станции относительно других. Для расчета интегрального параметра беспроводной абонентской станции STA необходимо выполнить следующие действия:

1. Вычислить значения расстояний d от STA до других абонентских станций. На рис. 1, 2 представлена визуализация метода расчета интегрального параметра беспроводной абонентской станции STA 1, относительно которой расположены другие так, как показано на рис. 1. Нумерация беспроводных абонентских станций задана в произвольном порядке.

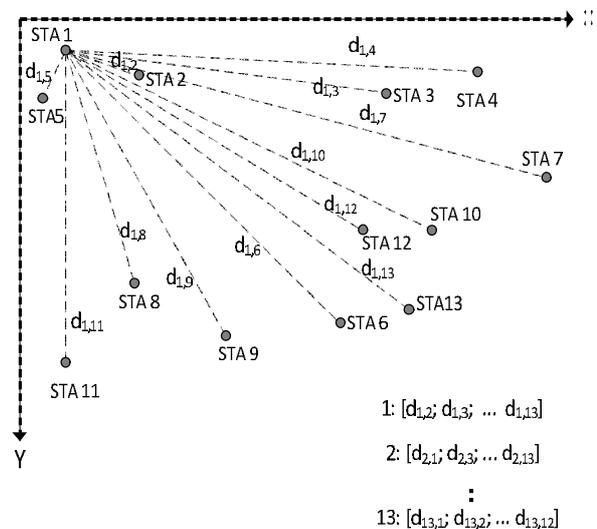


Рис. 1. Расположение абонентских станций на координатной плоскости

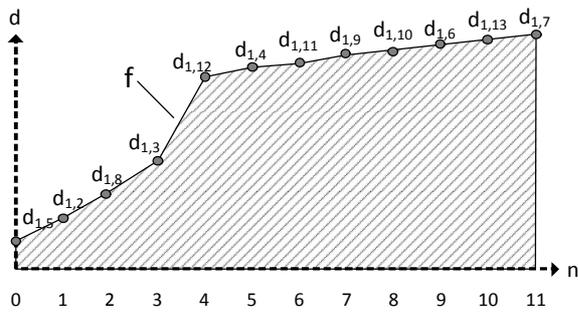


Рис. 2. Определение значения интегрального параметра для STA 1

2. Полученные значения расстояний отсортировать в порядке возрастания, нанести на координатную плоскость и соединить между собой. Площадь под графиком полученной функции есть значение интегрального параметра беспроводной абонентской станции. На рис. 2 это значение для стан-

ции STA 1 численно равно интегралу функции f на интервале от 0 до 11 или площади фигуры, находящейся под графиком функции f . Численное решение данной задачи можно осуществить с помощью любого метода нахождения определенного интеграла, например формулы трапеции. Чем дальше расположены беспроводные абонентские станции относительно определенной, тем больше площадь фигуры под графиком и соответственно большее значение имеет ее интегральный параметр.

Способ формирования зон обслуживания заключается в покрытии, в первую очередь, наименее уплотненных участков, где расположены абоненты, т.е. абонентских станций, имеющих наибольшее значение интегрального параметра, постепенно переходя к более уплотненным. На рис. 3 показана блок-схема алгоритма определения координат местоположения и количества точек доступа.

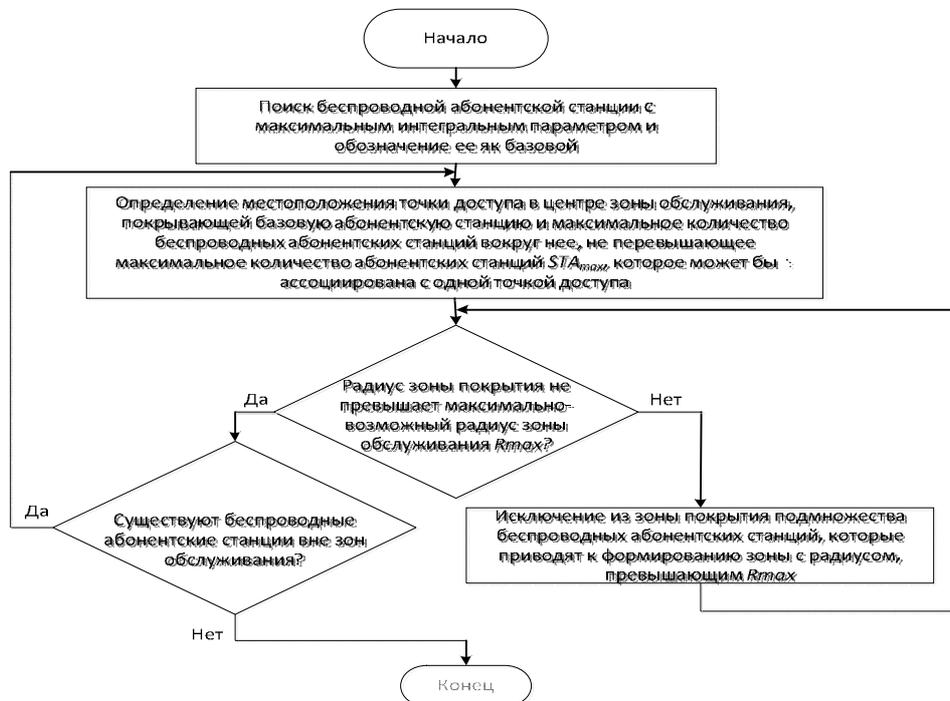


Рис. 3. Алгоритм определения координат местоположения и количества точек доступа

Структура алгоритма на рис. 3 предполагает осуществление проверки условия ограничения максимального количества беспроводных абонентских станций STA_{max} , которая может быть подключена к одной точке доступа, а также полноты покрытия.

На рис. 4 приведена блок-схема алгоритма дальнейшей оптимизации покрытия, реализующего балансировку беспроводных абонентских станций для равномерного распределения их количества между точками доступа с учетом критерия эффективности потребляемой энергии.

Для решения проблемы неравномерности распределения пользователей между соседними ТД необходимо подключить абонентов таким образом, чтобы ТД обслуживали примерно одинаковое коли-

чество устройств. Для M пересекающихся зон покрытий, построенных с максимальным радиусом R_{max} в центрах размещения точек доступа, можно записать отношение:

$$STA_i \rightarrow \sum_{j=1}^M STA_j / M, \quad (1)$$

где STA_i – количество абонентов, подключенных к i -й точке доступа ($i \in [1, M]$), а в правой части (1) – среднее количество абонентов, подключенных к M точкам доступа.

Беспроводные абонентские станции могут находиться в пограничных зонах (по краям максимальной зоны покрытия), если расстояния от них до центра зоны равно максимальному радиусу R_{max} зоны покрытия. В этом случае требуется максимальная

мощность передающей антенны. Абоненты в пограничных зонах будут иметь минимальную скорость приема-передачи данных, непосредственно влияющую на качество обслуживания и общую энергоэффективность беспроводной сети.

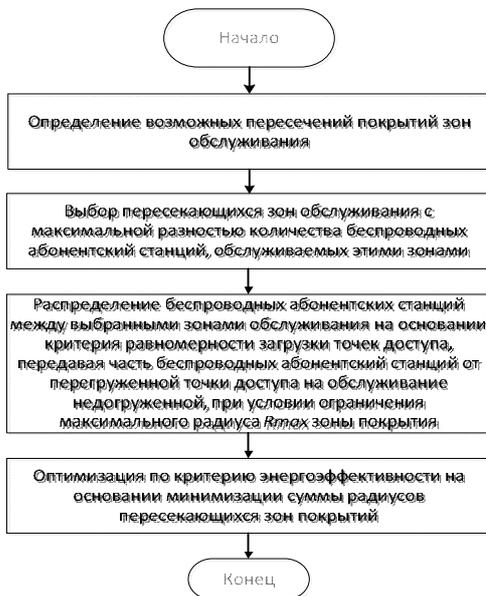


Рис. 4. Алгоритм оптимизации покрытия

Таким образом, критерий энергоэффективности можно определить соотношением:

$$\sum_{i=1}^N R_i \rightarrow N \cdot R_{\min},$$

где R_i – радиус покрытия зоны обслуживания i -й точкой доступа, N – количество однотипных мобильных точек доступа, R_{\min} – минимально-возможный радиус покрытия зоны обслуживания.

Направлением дальнейших исследований является уточнение параметров данного критерия, что позволит дать более достоверную оценку эффективности использования энергии.

МЕТОДИ РОЗМІЩЕННЯ ТОЧОК ДОСТУПУ В БЕЗПРОВОДОВИХ ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ НА ПІДСТАВІ КРИТЕРІЮ ПОВНОТИ ПОКРИТТЯ АБОНЕНТСЬКИХ СТАНЦІЙ

М.Е. Яновський

Проаналізовано існуючі способи розміщення точок доступу в безпроводових локальних комп'ютерних мережах. Запропоновано вдосконалений метод визначення оптимального місця розташування, кількості та радіусів зон обслуговування активних точок доступу на підставі ступеня близькості кожної бездротової абонентської станції до решти з урахуванням повноти покриття та максимальної кількості користувачів, які можуть бути підключені до однієї точки доступу одночасно. Запропоновано алгоритм балансування бездротових абонентських станцій для рівномірного розподілу їх кількості між точками доступу з урахуванням критерію енергоефективності.

Ключові слова: бездротові локальні комп'ютерні мережі, бездротові точки доступу, повнота покриття, якість обслуговування.

METHODS FOR PLACEMENT OF ACCESS POINTS IN WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS BASED ON COMPLETE COVERAGE CRITERIA OF SUBSCRIBERS' STATIONS

M.E. Yanovsky

The article describes existing approaches of access points' placement analysis in wireless local area networks. Proposed improved methods for determining the optimal placement, amount and radius of the coverage zones of active access points, based on the degree of proximity between wireless subscribers' stations, considering complete coverage and maximum amount of subscribers, which can be connected to an access point simultaneously. Furthermore, the article presents a load-balancing algorithm for wireless subscribers' stations in order to evenly distribute their amount between different access points, taking into consideration energy efficiency criteria.

Keywords: wireless local area network, wireless access points, complete coverage, quality of service.

Выводы

Предлагаемый метод размещения беспроводных точек доступа реализует усовершенствованный подход к организации беспроводной локальной компьютерной сети на основании критериев полноты покрытия абонентов, энергоэффективности и возможности мобильных точек доступа изменять свое местоположение. Результатом является повышение качества обслуживания в беспроводных сетях, что обусловлено улучшением характеристик принимаемого абонентом сигнала за счет сокращения расстояния до точки доступа.

Список литературы

1. Луицкий Ю. Особенности построения современной беспроводной корпоративной сети [Текст] / Ю. Луицкий, К. Наталья // *International Journal "Information Technologies & Knowledge"*. – 2014. – Т. 8, № 2. – С. 141-146.
2. *Covering moving points with anchored disks* [Text] / C. Bautista-santiago, J.M. Diaz-banez, R. Fabila-monroy, D. Flores-penalaza, et al. // *European Journal of Operational Research*. – 2012. – V. 216, No. 2. – P. 278-285.
3. Kamenetsky, M. *Coverage Planning for Outdoor Wireless LAN Systems* [Text] / M. Kamenetsky, M. Unbehaun // *IEEE International Zurich Seminar on Broadband Communications*. – 2002. – P. 491-496.
4. *Wise Design of Indoor Wireless System: Practical Computation and Optimization* [Text] / S. Fortune, D. Gay, B. Kernighan, O. Landron, et al. // *IEEE Computational Science and Engineering*. – 1995. – P. 58-68.
5. *D-Model: A New Perspective for Modeling Radio Signal Propagation in Indoor Environment* [Text] / S. Latif, B. Li, C. Rizos, A. Memon, et al. // *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. – 2011. – V. 5, No. 10. – P. 1398-1405.

Поступила в редколлегию 15.10.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.В. Горбенко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.