

УДК 004.725.5

Д.В. Рудаков, В.П. Комагоров, О.Б. Фофанов

К вопросу о проектировании беспроводных локальных сетей WLAN

Предложен метод определения числа точек доступа при проектировании беспроводных локальных сетей с учетом специфики протокола IEEE 802.11 и ограничений, связанных с пересечением зон для обеспечения роуминга.

Ключевые слова: беспроводные локальные сети, точка доступа, роуминг, коллизия.

Содержательная постановка задачи

При проектировании беспроводных локальных сетей WLAN (*Wireless Local Area Network*), работа которых основана на стандарте IEEE 802.11, необходимо учитывать специфику сетей этого класса. В частности, в соответствии с данным стандартом диапазон радиочастот ISM, используемый устройствами передачи данных (Wi-Fi-адаптерами и точками доступа в кабельные сети), составляет от 2,412 до 2,484 ГГц и разбит на 14 каналов. Отклонение несущей частоты от центральной каждого из 14 каналов может составлять ± 22 МГц.

Для устойчивого функционирования сетей WLAN необходимо исключить явление коллизии (искажение передаваемых данных), которое возникает в том случае, когда перекрываются зоны радиосигнала точек доступа, работающих на одинаковой частоте. Нужно учитывать, что, несмотря на наличие 14 каналов, только три сочетания из них – 1, 6, 11 или 2, 7, 12 или 3, 8, 13 или 4, 9, 14 не перекрывают друг друга (рис. 1) [1].

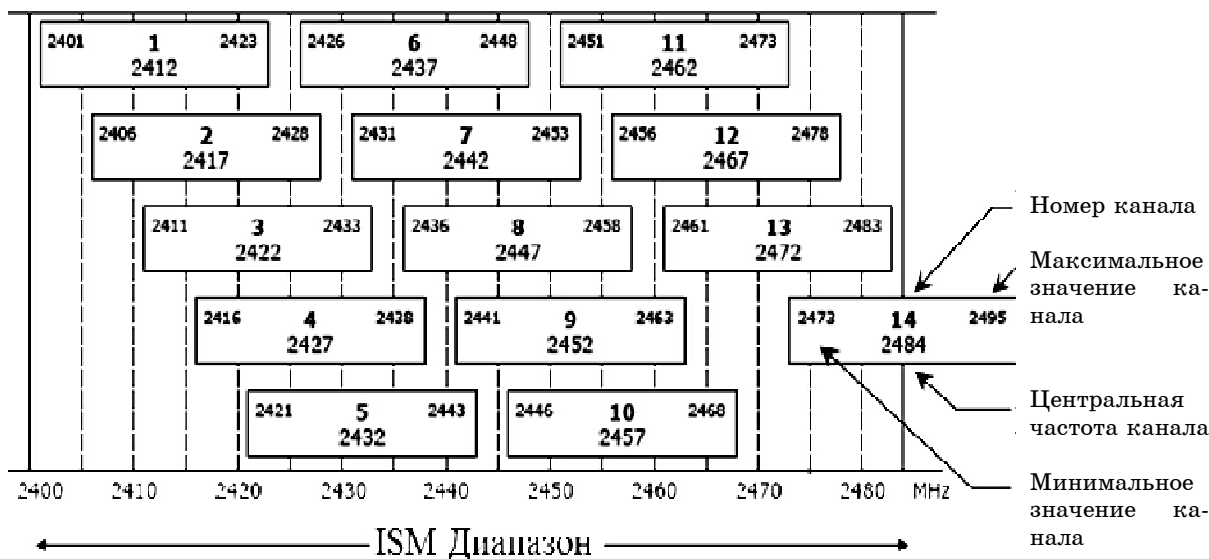


Рис. 1. Карта каналов стандарта 802.11

Другой особенностью сетей WLAN является роуминг – возможность автоматического переключения на другую точку доступа, когда клиент покидает зону радиосигнала данной точки. Для обеспечения роуминга и исключения коллизий необходимо, чтобы зоны радиосигнала соседних точек доступа пересекались и имели разную частоту, но не более трех (см. рис. 1).

В общем случае проблема размещения точек доступа при проектировании сетей WLAN может быть сведена к решению задачи размещения в помещении такого количества точек доступа, которое обеспечивает надежный обмен данными между сетевыми абонентами. При этом необходимо учесть указанную выше специфику сетей WLAN, а также правильно задать размер зоны устойчивого приема радиосигнала (не более радиуса, указанного в спецификации точки доступа). Радиус зоны следует задавать с учетом проникаемости радиоволн между помещениями здания, которая зависит от типа строительного материала.

Если представить зону приема радиосигнала в виде окружности, центр которой содержит точку доступа, то, решив задачу рационального покрытия окружностями заданного прямоугольника, можно вычислить необходимое число точек доступа. Методы решения задач такого рода рассмотрены в работах [2–4]. Однако эти методы не ориентированы на обеспечение роуминга и учета явления коллизий, возникающих в сетях WLAN. В связи с этим предлагается покрывать прямоугольники соответствующих помещений здания окружностями с вписанными в них квадратами или шестигранниками.

Хотя шестигранник обеспечивает более плотное заполнение окружностями, что показано в работе Л.Ф. Тота [5], однако для прямоугольного помещения в рамках поставленной задачи иногда целесообразно использовать зоны покрытия радиосигнала в форме квадрата. На рис. 2 представлен пример, иллюстрирующий данный момент. В этом примере при использовании зон покрытия в форме квадрата (см. рис. 2, а) достаточно 21 точки доступа. Применение зон покрытия в форме шестигранника (см. рис. 2, б) требует использования 25 точек доступа.

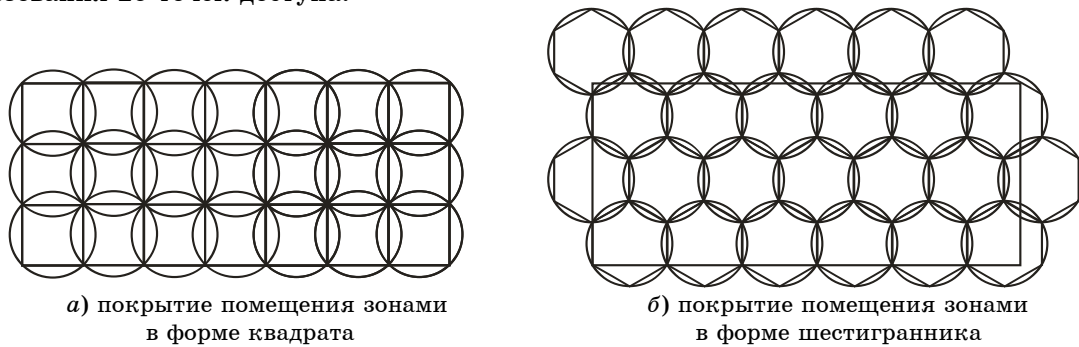


Рис. 2. Пример покрытия помещения зонами радиосигнала

Таким образом, при определении числа точек доступа для помещений прямоугольной формы можно рассмотреть два варианта покрытия: зонами в форме квадрата и зонами в форме шестигранника – и затем выбрать из них вариант с минимальным числом точек доступа. В случае, если здание имеет более сложную форму, например многосвязных ортогональных многоугольников, можно рекомендовать разбиение соответствующих площадей на прямоугольные и решать задачу определения числа точек доступа для каждой из них.

Определение числа точек доступа при покрытии площади зонами в форме квадрата

Определим характеристики квадрата, вписанного в окружность, представляющую собой зону покрытия (рис. 3).

В данном случае катеты $a = b = r$, следовательно:

$$c^2 = r^2 + r^2 \quad c^2 = 2r^2, \quad c = r\sqrt{2} .$$

Как уже отмечалось, при решении задачи покрытия необходимо учесть возможность роуминга. Следовательно, сторона квадрата будет иметь размер

$$c = (r - t)\sqrt{2} ,$$

где t – указанное производителем пересечение зон.

Кроме того, чтобы обеспечить минимальное пересечение всех зон с учетом ограничений, следует использовать следующую комбинацию расположения точек доступа (рис. 4):

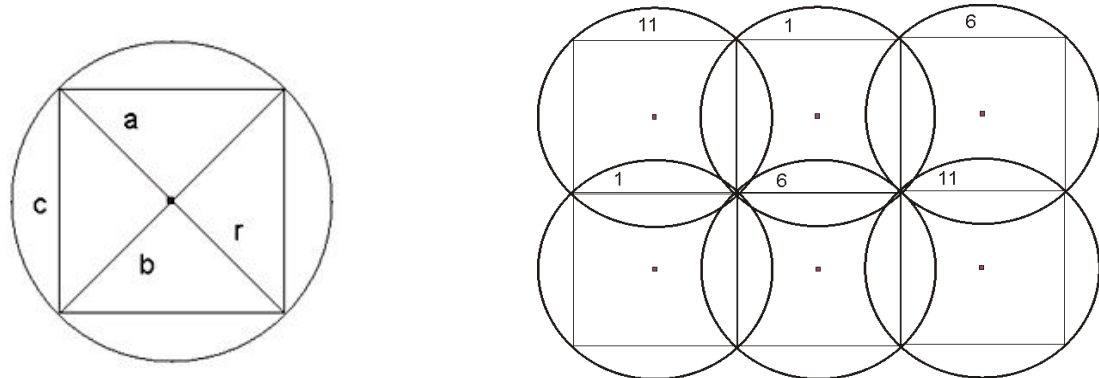


Рис. 3. Зона покрытия с вписанным квадратом

Рис. 4. Комбинация расположения точек доступа

Приведенная комбинация не содержит пересекающихся зон с одинаковыми частотами, которым соответствуют каналы 1, 6, 11 (рис. 4).

Для вычисления минимального необходимого количества точек доступа S для покрытия площади помещения прямоугольной формы можно использовать следующее выражение:

$$S = \left\lceil \frac{a}{\sqrt{2}(r-t)} \right\rceil \times \left\lceil \frac{b}{\sqrt{2}(r-t)} \right\rceil, \quad (1)$$

где r – радиус действия точки доступа, a – длина помещения, b – ширина помещения, t – необходимое пересечение зон для обеспечения роуминга.

Предположим, что необходимо определить минимальное число точек доступа для помещения размером 1000×500 м². При этом заданы значения $r = 100$ м и $t = 2$ м. В соответствии с (1) получаем:

$$S = \left\lceil \frac{1000}{\sqrt{2}(r-t)} \right\rceil \times \left\lceil \frac{500}{\sqrt{2}(r-t)} \right\rceil = 32.$$

Это число точек доступа сети WLAN с радиусом 100 м, обеспечивающих роуминг при пересечении на 2 м и необходимых для покрытия всей площади прямоугольного помещения с размерами 1000×500 м².

Определение числа точек доступа при покрытии площади зонами в форме шестигранника

Зона покрытия с вписанным шестигранником представлена на рис. 5.

YOM представляет собой равнобедренный треугольник $YO = MO = R$ с вершиной $\angle YOM = 60^\circ$. В свою очередь, треугольник QOM также является равнобедренным треугольником с вершиной $\angle QOM = 60^\circ$. Отрезки QZ и ZY являются одновременно биссектрисами и медианами. Поэтому $\angle OYZ = \angle OQZ = 30^\circ$. Тогда $OZ = R/2$.

Определим основные характеристики шестигранника:

$$OY^2 = ZY^2 + OZ^2, \quad R^2 = ZY^2 + \frac{R^2}{4}, \quad ZY = \frac{\sqrt{3}}{2} * R,$$

$$QY = 2 \cdot ZY, \quad QY = \sqrt{3} \cdot R.$$

При решении задачи покрытия необходимо учесть возможность роуминга. Поэтому длина отрезка QY определяется как

$$QY = \sqrt{3} \cdot (R - T),$$

где T – рекомендуемое производителем оборудования допустимое пересечение зон точек доступа для обеспечения роуминга.

Покрытие прямоугольной области шестигранниками отображено на рис. 6.

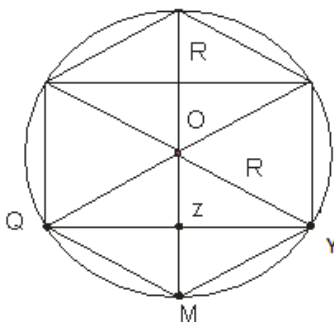


Рис. 5. Зона покрытия с вписанным шестигранником

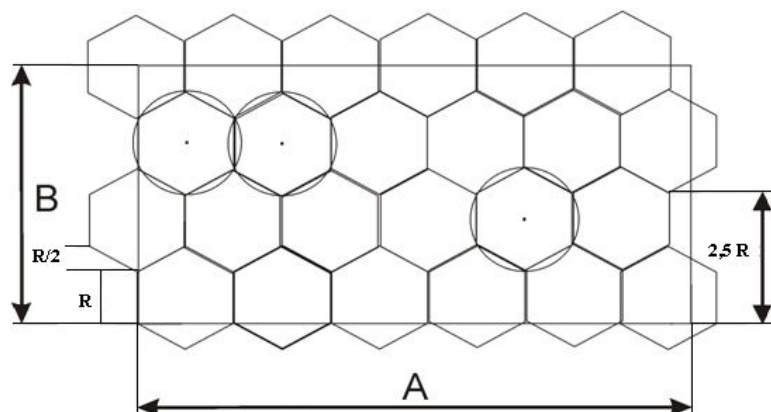


Рис. 6. Покрытие прямоугольной области шестигранниками

Из рис. 6 следует, если дробная часть выражения

$$\frac{A}{\sqrt{3}(R-T)} \in (0; 0,5],$$

то вычисление минимального количества точек доступа S для покрытия шестигранника-ми помещения прямоугольной формы с размерами A и B определяется как

$$S = \left\lceil \frac{A}{\sqrt{3}(R-T)} \right\rceil \times \left\lceil 1 + \frac{\frac{B}{R-T} - 1}{1,5} \right\rceil. \quad (2)$$

Вместе с тем, если дробная часть выражения

$$\frac{A}{\sqrt{3}(R-T)} \in (0,5;1],$$

то вычисление минимально необходимого количества точек доступа S определяется по следующему выражению:

$$S = \left\lceil \frac{A}{\sqrt{3}(R-T)} \right\rceil \times \left\lceil 1 + \frac{\frac{B}{R-T} - 1}{1,5} \right\rceil + \left\lceil \frac{\frac{B}{R-T} - 1}{3} \right\rceil. \quad (3)$$

По описанной методике вычисления минимально необходимого количества точек доступа S при проектировании беспроводных локальных сетей WLAN разработан программный комплекс, главная форма интерфейса которого приведена на рис. 7. Исходными данными для расчета являются: R – радиус точки доступа; T – пересечение зон для обеспечения роуминга; размеры прямоугольного помещения A и B .

Исходные данные		Количество шестигранников начиная с A	
Длина помещения A:	62	На стороне A	3
Ширина помещения B	145	На стороне B	7
Радиус действия точки доступа R	17	Дополнение	0
Необходимое пересечение зон T	2	В итоге	21
Количество квадратов		Количество шестигранников начиная с B	
На стороне A	3	На стороне B	6
На стороне B	7	На стороне A	4
В итоге	21	Дополнение	2
		В итоге	26

Расчитать

Рис. 7. Пример решения задачи вычисления минимального необходимого количества точек доступа S

Алгоритм работы программного комплекса заключается в следующем. Вводятся исходные данные: например, длина помещения $A = 62$, ширина помещения $B = 145$, радиус действия точки доступа $R = 17$, необходимое пересечение зон $T = 2$ – и осуществляется запуск программы.

На первом этапе работы алгоритма по выражению (1) вычисляется минимально необходимое количество точек доступа S при покрытии помещения зонами в форме квадрата. Для рассматриваемого примера число квадратов на стороне A равно 3, на стороне B равно 7. Таким образом, общее число точек доступа $S = 21$.

На втором этапе работы алгоритма по выражениям (2) и (3) вычисляется минимально необходимое количество точек доступа S при покрытии помещения зонами в форме шестигранника. При этом в зависимости от выбора в качестве исходной стороны A или B

значения S могут отличаться. Если в качестве исходной выбирается сторона A , то число шестигранников на стороне A равно 3, на стороне B равно 7, вычисление выполняется по выражению (2) и общее число точек доступа $S = 21$. Когда в качестве исходной выбирается сторона B , то число шестигранников на стороне B равно 6, на стороне A равно 4, вычисление S выполняется по выражению (3), дополнение до полного покрытия помещения равно 2 и общее число точек доступа $S = 26$.

Результатом работы алгоритма является решение с минимальным S . Как следует из рис. 7, минимальному $S = 21$ соответствуют два решения: при покрытии помещения квадратами и шестигранниками, если в качестве исходной выбрана сторона A .

В заключение следует отметить, что рассмотренный двухмерный (плоскостной) вариант размещения точек доступа не учитывает объемность радиосигнала и в связи с этим проницаемость межэтажных перекрытий, но предлагаемые подходы могут быть без труда обобщены для трехмерного варианта размещения точек доступа, в которых окружности заменяются сферами, а прямоугольники параллелепипедами.

Предложенные алгоритмы вычисления минимально необходимого количества точек доступа использовались при проектировании беспроводных локальных сетей WLAN в Институте кибернетики ТПУ и подтвердили свою эффективность.

Литература

1. Осипов И.Е. Организация сети Wi-Fi. Принципы планирования и измерения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dateline.ru/download/Report-WiFi.pdf>, свободный (дата обращения: 15.06.2010).
2. Кузнецов В.Ю. Методы покрытия многосвязных ортогональных многоугольников для задач оптимального размещения сенсоров в области мониторинга: автореф. дис. ... на канд. техн. наук. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ugatu.ac.ru/science/dissov/d3/20.11.09/kuznesov_avtoreferat.pdf, свободный (дата обращения: 25.07.2010).
3. Лебедев Б.К. Решение задачи покрытия методами генетического поиска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pitis.tsure.ru/files19/02.pdf>, свободный (дата обращения: 25.08.2010).
4. Сенсорные сети и покрытие плоскими кругами / С.Н. Астраков, А.И. Ерзин, В.В. Залюбовский // Дискретный анализ и исследование операций (Новосибирск). – 2009. – Т. 16, № 3. – С. 3–19.
5. Тот Л.Ф. Расположения на плоскости, на сфере и в пространстве. – М.: Изд-во Физико-математической литературы, 1958. – 364 с.

Рудаков Дмитрий Владимирович

аспирант каф. оптимизации систем управления Института кибернетики ТПУ
Тел.: 42-04-59
Эл. почта: privet0@yahoo.com

Комагоров Владимир Петрович

Доцент каф. оптимизации систем управления Института кибернетики ТПУ
Тел.: 42-04-59
Эл. почта: komagorov@tpu.ru

Фофанов Олег Борисович

Доцент каф. оптимизации систем управления Института кибернетики ТПУ
Тел.: 42-07-60
Эл. почта: ofofano@tpu.ru

Rudakov D.V., Komagorov V.P., Fofanov O.B.
On the problem of wireless local networks design

A method of determination of the access points number in designing wireless local networks, which considers the IEEE 802.11 protocol features and limitations connected with the crossing zones for roaming connection, is proposed.

Keywords: wireless local networks, access point, roaming connection, collision.