

УДК 004.73

Мохамед Саид Газал, В.С. Котик, А.В. Горбенко, О.М. Тарасюк

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

## МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

*В статье рассмотрена задача распределения точек доступа для покрытия требуемой зоны обслуживания, которая возникает при проектировании беспроводных компьютерных сетей. Проанализирована проблема аппроксимации зоны действия точки доступа на плоскости с помощью различных геометрических фигур. Представлен метод проектирования беспроводных компьютерных сетей с учетом количества обслуживаемых абонентов и их требований к пропускной способности.*

**Ключевые слова:** *беспроводная сеть, Wi-Fi, 802.11g, проектирование, пропускная способность, покрытие.*

### Введение

Современные тенденции в области информационных технологий обуславливают стремительный рост внедрения беспроводных компьютерных сетей в различных областях применения – от организации публичной связи в аэропортах и железнодорожных вокзалах, до замещения кабельных компьютерных сетей в офисах и поддержки мобильных устройств и датчиков в промышленных и медицинских системах [1, 2].

Несмотря на достаточно хорошо развитые и

стандартизированные беспроводные технологии и широкую номенклатуру доступного беспроводного сетевого оборудования, проектирование высокопроизводительных беспроводных компьютерных сетей все еще является в большей степени искусством, нежели формализованной инженерной задачей.

Основная проблема заключается в сложности прогнозирования количества абонентов и априорной оценки пропускной способности беспроводных компьютерных сетей, которая является нелинейной функцией от многих параметров включая такие, как

геометрия зоны обслуживания; количество, степень удаленности и мобильности беспроводных абонентов; интенсивность сетевого взаимодействия; наличие источников электромагнитных помех или конструкций, препятствующих распространению электромагнитного сигнала и т.п. [3, 4].

Одной из важнейших задач, решаемых при проектировании беспроводных компьютерных сетей, является задача выбора количества и мест расположения точек доступа для покрытия обслуживаемой территории, а также определение параметров их функционирования (выбор частотного диапазона, определение мощности передатчика, настройка параметров шифрования и др.). При этом следует учитывать, такие факторы:

– перекрывающиеся зоны обслуживания двух разных точек доступа могут создавать взаимные помехи;

– в пределах одной беспроводной компьютерной сети могут существовать разнопрофильные зоны обслуживания, т.е. зоны с различными требованиями к пропускной способности, безопасности и плотности абонентов;

– битовая скорость передачи не является постоянной величиной, она зависит от отношения сигнал/шум для каждого абонента и уменьшается по мере удаления абонентов друг от друга или от точки доступа.

Проблемам обеспечения безопасности беспроводных компьютерных сетей при их проектировании и эксплуатации уделяется достаточно большое внимание [5].

Также известен общий подход к распределению точек доступа для покрытия некоторой зоны обслуживания без создания взаимных помех [5]. Данный подход основан на размещении точек доступа по методу «кирпичной стены» с настройкой соседних точек доступа на один из трех непересекающихся частотных каналов (рис. 1). Для беспроводных сетей стандарта IEEE802.11g это каналы с номерами 1, 6 и 11. Однако, данный подход не учитывает требований к количеству обслуживаемых абонентов и их потребностей в определенном значении пропускной способности.

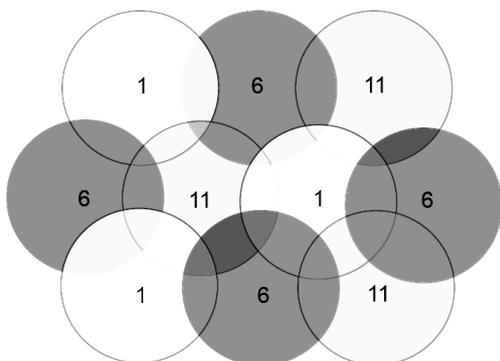


Рис. 1. Расположение точек доступа по каналам во избежание интерференции

Такая ситуация является причиной того, что многие беспроводные сети в процессе эксплуатации оказываются неэффективными и неспособны обеспечить потребности пользователей несмотря на значительные финансовые средства, затраченные на приобретение дорогостоящего сетевого оборудования.

Таким образом, **целью данной статьи** является постановка и решение задачи повышения эффективности проектируемых беспроводных компьютерных сетей на основе учета требований к количеству обслуживаемых абонентов и пропускной способности.

## 1. Постановка задачи покрытия

Задача покрытия с учетом количества обслуживаемых абонентов и их потребностей в пропускной способности в общем виде может быть сформулирована следующим образом: определить количество, места расположения и параметры (радиус действия и частотный диапазон) точек доступа для покрытия заданной зоны обслуживания и обеспечения пропускной способности не хуже  $V$  для каждого из  $N$  абонентов беспроводной компьютерной сети. Кроме того, предлагается использовать следующие допущения:

1) зона обслуживания беспроводной компьютерной сети является прямоугольной, задается шириной  $W$  и длиной  $L$  и находится в одной плоскости;

2) абоненты беспроводной компьютерной сети равномерно распределены по зоне обслуживания;

3) зона обслуживания не содержит конструкций и оборудования, оказывающих существенное влияние на распространение электромагнитного сигнала и его качество.

4) для обозначения площади зоны обслуживания точки доступа используется радиус окружности с максимальной битовой скоростью передачи 54 Мбит/с. В соответствии с [6] такая скорость передачи используется абонентами, находящимися в радиусе 27 метров от места расположения точки доступа (рис. 2).

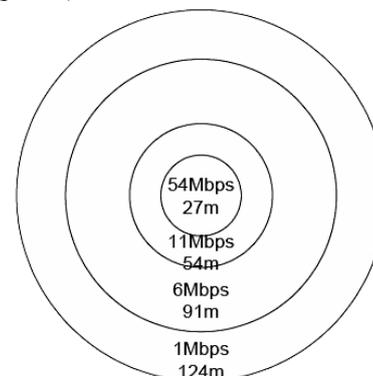


Рис. 2. Уменьшение битовой скорости передачи при с удалением от точки доступа

Для помещений этот радиус может быть уменьшен в три раза [7] – до 8-9 метров из-за эффекта интерференции.

Рассмотренные допущения характерны для офисных зданий в которых отсутствуют железобетонные перегородки и оборудование, создающее помехи в работе беспроводных сетей (например, микроволновые печи), а точки доступа предполагают крепление к потолку и имеют сферическую диаграмму направленности антенны, ориентированную вниз.

## 2. Аппроксимация площади обслуживания точки доступа

В соответствии с упомянутым ранее подходом к распределению точек доступа по зоне покрытия каждый следующий ряд имеет смещение на радиус действия, при этом точки доступа располагаются вплотную таким образом, чтоб не оставалось «мертвых зон» (рис. 3). При этом взаимная интерференция и помехи от соседних точек доступа (рис. 4) исключаются за счет их работы в непересекающихся диапазонах частот.

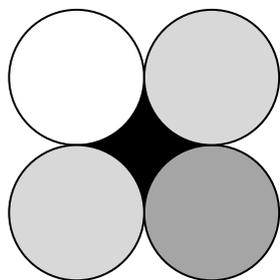


Рис. 3. Зона пониженной производительности или «мертвая зона»

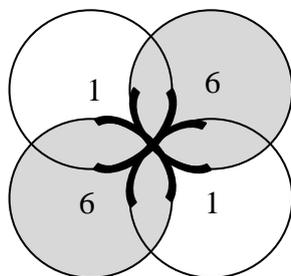


Рис. 4. Области интерференции

Для количественного решения задачи покрытия территории действия беспроводной сети требуется рассчитать зону действия каждой точки доступа.

Обычно, зона покрытия точки доступа на плоскости аппроксимируется с помощью окружности. Однако, использование такой геометрической фигуры для решения практической задачи покрытия значительно усложняет расчеты.

В связи с этим, для решения практических задач зону покрытия каждой точки доступа целесообразно представить в упрощенном виде. Для аппроксимации зоны покрытия точки доступа могут быть использованы такие геометрические фигуры как квадрат, шестиугольник или восьмиугольник, вписанные в окружность с радиусом действия точки доступа R (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики методов аппроксимации зоны покрытия точки доступа

Геометрическая фигура и её характеристики (длина l и ширина w)	Пример заполнения зоны обслуживания
Окружность, $w = l = 2 \cdot R$	
Правильный восьмиугольник, $w = l = R \cdot \frac{1 + \sqrt{2}}{\sqrt{1 + \frac{\sqrt{2}}{2}}} \approx 1,848 \cdot R$	
Правильный шестиугольник, $w = 2 \cdot R$ , $l = \sqrt{3} \cdot R \approx 1,732 \cdot R$	
Квадрат, $w = l = \sqrt{2} \cdot R \approx 1,414 \cdot R$	

Использование квадрата вписанного в окружности дает следующие преимущества:

- 1) простота расчетов площади обслуживаемой зоны для точки доступа;
- 2) простота размещения квадрата по территории покрытия;
- 3) дополнительная защищенность от снижения производительности при удалении от точки доступа, за счет уменьшения расстояния от центра квадрата до границы обслуживаемой зоны.

К отрицательным сторонам использования квадратной зоны аппроксимации следует отнести:

- 1) недостаточно эффективное использование площади покрытия точки доступа, что отражено в таблице 1.
- 2) возникновение зон интерференции между диагональными точками доступа, использующими одинаковый частотный диапазон, при расположении квадратов по принципу «один под другим».
- 3) накладные расходы в каждом втором ряду при расположении квадратов по принципу «кирпичная стена» (табл. 1).

Использование правильного шестиугольника вписанного в окружность является наиболее приемле-

мым по ряду причин. При размещении вплотную шестиугольники не создают «мертвых зон», зон взаимной интерференции и, при этом, достаточно эффективно используют зону покрытия каждой точки доступа. Шестиугольники замощают плоскость (т.е. могут заполнять плоскость без пробелов и наложений)

Тем не менее, по причине того, что ширина шестиугольника не равна его длине, применение данной геометрической фигуры усложняет выполнение расчетов. Кроме того, усложняется задача размещения шестиугольников по зоне покрытия беспроводной компьютерной сети, заданной в виде прямоугольника. Наконец, размещение шестиугольников вплотную создает накладные расходы для каждого второго ряда (на одну точку доступа).

Правильный восьмиугольник, вписанный в окружность, наиболее приближен к самой окружности, что обеспечивает наиболее оптимальное использование зоны покрытия каждой точки доступа и при этом облегчает расчет площади покрытия.

К отрицательным сторонам при способе размещения восьмиугольников вплотную относится появление «мертвых зон». С учетом описанной окружностей эти мертвые зоны, на практике хоть и имеют меньшую площадь, однако не достаточную, что бы ими пренебречь.

Дальнейшие расчеты, приведенные в статье, базируются на использовании квадрата в качестве геометрической фигуры для аппроксимации зоны обслуживания точки доступа, что обеспечивает простоту самих расчетов и обеспечивает отсутствие «мертвых зон» при незначительном уменьшении зоны обслуживания. Для избежания интерференции точки доступа располагаются по принципу «кирпичная стена».

### 3. Метод покрытия зоны обслуживания с учетом требований к пропускной способности

Предлагаемый метод расположения точек доступа для покрытия заданной прямоугольной зоны обслуживания беспроводной компьютерной сети включает в себя следующие шаги.

1. *Расчет необходимого количества точек доступа для обеспечения требуемой пропускной способности каждому из абонентов беспроводной компьютерной сети.* Заказчиком задаются количество пользователей будущей сети  $N$  и минимальная пропускная способность, которая должна быть доступна каждому абоненту  $V$ .

В соответствии с принятыми допущениями точки абоненты будут располагаться в ближайшей зоне действия точки доступа, обеспечивающей максимальную пропускную способность 54 Мбит/с.

Расчет необходимого количества точек доступа  $Q$  базируется на использовании того факта, что точка доступа работает в режиме концентратора и распределяет доступную пропускную способность между всеми абонентами, находящимися в радиусе дейст-

вия. Тогда количество точек доступа  $Q_s$ , необходимых для обеспечения требуемой пропускной способности  $V$  для каждого из  $N$  абонентов будет равно:

$$Q_s = \frac{N}{\lfloor 54/V \rfloor},$$

где  $\lfloor \quad \rfloor$  – знак округления к меньшему целому числу.

2. *Расчет необходимого количества точек доступа для покрытия заданной территории обслуживания без учета требований к пропускной способности абонентов.* Заказчиком задаются длина  $L$  и ширина  $W$  территории ( $L > W$ ), требуемой для покрытия. Так как при расположении точек доступа по принципу «кирпичная стена» в каждом втором ряду происходит смещение на половину точки доступа (длина  $\geq$  ширина). В этом случае количество рядов точек доступа  $r$  и столбцов  $c$  будут равны:

$$r = \left\lceil \frac{W}{w} \right\rceil; c = \left\lceil \frac{L}{w} \right\rceil,$$

где  $w$  – сторона квадрата, вписанного в окружность, определяющую зону действия точки доступа с радиусом  $R$  (см. табл. 1), а  $\lceil \quad \rceil$  – знак округления к большему целому числу

В результате необходимое количество точек доступа  $Q_v$  может быть найдено по формуле:

$$Q_v = r \cdot c + \left\lceil \frac{r}{2} \right\rceil = \left\lceil \frac{W}{w} \right\rceil \cdot \left\lceil \frac{L}{w} \right\rceil + \left\lceil \left\lceil \frac{W}{w} \right\rceil / 2 \right\rceil. \quad (1)$$

В соответствии с табл. 1 сторона квадрата, аппроксимирующего зону действия точки доступа равна  $w = \sqrt{2} \cdot R \approx 1,414 \cdot R$ .

3. *Выбор оптимального количества точек доступа для покрытия заданной площади обслуживания с учетом количества абонентов и требуемой пропускной способности.* Оптимальное количество точек доступа определяется путем сравнения двух значений  $Q_s$  и  $Q_v$ .

При условии, что  $Q_s \geq Q_v$ , в качестве оптимального количества точек доступа принимается расчетное количество точек доступа по площади  $Q_s$ .

В противном случае, искомое количество точек доступа равно  $Q_v$ .

4. *Расчет радиусов действия точек доступа и координат их расположения при оптимальном покрытии зоны обслуживания.* Если искомое количество точек доступа равно  $Q_s$ , то радиус действия точки доступа принимается равным начальному радиусу  $R$ , обеспечивающему максимальную пропускную способность 54 Мбит/с (рис. 2). Как уже отмечалось, для помещений этот радиус составляет 8-9 метров.

Если искомое количество точек доступа равно  $Q_v$ , то с учетом того, что  $Q_v \geq Q_s$ , требуется уменьшить радиусы зон действия точек доступа таким образом, чтобы равномерно распределить их по всей зоне обслуживания беспроводной компьютерной сети. Для этого может быть использован подход, заключающийся в добавлении новых строк и столбцов до тех пор, пока не будет достигнуто условие  $Q_s \geq Q_v$ .

Так как в общем случае площадь покрытия прямоугольная ( $L \times W$ ,  $L > W$ ), то следует учесть отношение добавляемого количества столбцов на одну добавленную строку на основе отношения длины к ширине, чтобы не нарушалась общая пропорция. Для учета этого фактора введем коэффициент  $K$ , который может быть найден из соотношения:

$$K = \begin{cases} \lceil L/W \rceil, & \text{если } L/W \geq \tilde{n}/r; \\ \lfloor L/W \rfloor, & \text{если } L/W < \tilde{n}/r. \end{cases}$$

В результате новое количество рядов и столбцов точек доступа, заполняющих зону покрытия будет равно  $r = r + 1$ ,  $c = c + K$ . После нахождения новых значений  $r$  и  $c$  расчет количества точек доступа  $Q_S$  повторяется по формуле (1).

Как уже было отмечено, процедура добавления новых строк и столбцов является итерационной и заканчивается при условии  $Q_S \geq Q_V$ . После завершения процедуры уточняется окончательный радиус действия точки доступа:

$$R = \begin{cases} \frac{L}{c \cdot \sqrt{2}}, & \text{если } \frac{L}{c \cdot \sqrt{2}} \geq \frac{W}{r \cdot \sqrt{2}}; \\ \frac{W}{r \cdot \sqrt{2}}, & \text{если } \frac{L}{c \cdot \sqrt{2}} < \frac{W}{r \cdot \sqrt{2}}. \end{cases}$$

### Заключение

Факторы, обуславливающие недостаточную производительность беспроводных компьютерных сетей, должны быть проанализированы и учтены на этапе проектирования.

Один из подходов к проектированию беспроводных компьютерных сетей, рассмотренный в данной статье, базируется на априорном учете количества беспроводных абонентов и их требований к пропускной способности при решении задачи распределения точек доступа для покрытия обслуживаемой зоны.

Предложенный метод проектирования учитывает следующие параметры:

- площадь помещения;
- прогнозируемое количество пользователей сети;

– минимальная пропускная способность, которая должна быть обеспечена для каждого пользователя.

Предложенный метод обеспечивает возможность расчета требуемого количества точек доступа и радиуса покрытия каждой точки, близкие к оптимальному, для обеспечения требуемой производительности для проектируемой беспроводной сети. При этом обеспечивается полное покрытие зоны обслуживания, исключая «мертвые зоны», а также снижающее взаимную интерференцию и помехи от соседних точек доступа.

Аппроксимация зоны действия точки доступа является одной из ключевых задач, решение которой влияет на качество покрытия зоны обслуживания компьютерной сети. Предложенный метод в качестве геометрической фигуры, аппроксимирующей зону действия точки доступа использует квадрат. Дальнейшее усовершенствование метода может быть направлено на переход к аппроксимации зоны действия с помощью равностороннего шестиугольника, который дает более точное приближение.

### Список литературы

1. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети: пер. с англ. / В. Столлингс. – М.: Вильямс, 2003. – 640 с.
2. Webb W. *Wireless Communications: The Future* / W. Webb. – London: John Wiley & Sons, 2007. – 253 p.
3. Причины снижения производительности компьютерных сетей [Электронный ресурс] – Режим доступа к док.: <http://opensource.com.ua/contents/978531800492c.html>.
4. Ватаманюк А.И. *Беспроводная сеть своими руками* / А.И. Ватаманюк. – СПб.: Питер, 2006. – 192 с.
5. Рошан П. *Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11*: пер. с англ. / П. Рошан, Дж. Лиэри. – М.: Вильямс, 2004. – 304 с.
6. *Surveying Wireless Networks. UKERNA Technical Guides GD/JANET/TECH/008*, 2008. – 24 p.
7. WiFi: *беспроводные сети. FAQ по беспроводным сетям* [Электронный ресурс] – Режим доступа к док.: [http://www.nix.ru/support/faq/show\\_articles.php](http://www.nix.ru/support/faq/show_articles.php).

Поступила в редколлегию 2.11.2009

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

### МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ БЕЗДРОТОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ДО ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ

Мохамед Саїд Газал, В.С. Котик, А.В. Горбенко, О.М. Тарасюк

*У статті розглянуто задачу розподілення точок доступу для покриття зони обслуговування під час проектування бездротових комп'ютерних мереж. Виконано аналіз проблеми апроксимації зони дії точки доступу на плоскості за допомогою різних геометричних фігур. Запропоновано метод проектування бездротових комп'ютерних мереж з урахуванням кількості абонентів та їхньої потреби до пропускної здатності.*

**Ключові слова:** бездротова мережа, Wi-Fi, 802.11g, проектування, пропускна здатність, покриття.

### WIRELESS NETWORK DESIGN METHOD TAKING INTO ACCOUNT USER'S THROUGHPUT REQUIREMENTS

Mokhamed Said Gazal, V.S. Kotik, A.V. Gorbenko, O.M. Tarasyuk

*Task of access points placement and service area coverage that appear at wireless network design is analyzed. Approximation problems of access points plane operating zone by use of different geometrical figures is discussed. Finally, we present the wireless network design method that takes into account number of network users and their requirements to network throughput.*

**Keywords:** wireless network, Wi-Fi, 802.11g, design, throughput, coverage.