

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ РАДИОПОКРЫТИЯ В СЕТЯХ Wi-Fi С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

А. С. Викулов^{1*}, А. И. Парамонов¹

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: asv012016@gmail.com

Аннотация

На этапе предиктивного моделирования сетей стандарта IEEE 802.11 с высокой плотностью пользователей (СВП) традиционно принимается решение о выборе подхода к организации сети, включающего в себя решение таких задач как выбор антенных конфигураций и размещения точек доступа. В работе рассмотрены основные подходы к организации радиопокрытия и проанализированы их преимущества и недостатки для решения задач построения СВП. **Предмет исследования.** Статья посвящена рассмотрению различных подходов к организации радиопокрытия в СВП, и анализу их преимуществ и недостатков. **Метод.** В основу данной работы положены руководства по проектированию беспроводных локальных вычислительных сетей (БЛВС) от компаний-производителей оборудования и более чем 5-летний личный опыт проектирования. **Основные результаты.** Рассмотрены ключевые принципы организации радиопокрытия СВП, сделано обобщение различных рекомендаций производителей относительно их практического применения. **Практическая значимость.** Проведенные анализ и обобщения рекомендаций дают возможность сделать конкретные практические выводы и применить их при развертывании СВП.

Ключевые слова

IEEE 802.11, требования, радиопокрытие, принципы радиопокрытия, Wi-Fi, высокая плотность пользователей.

Информация о статье

УДК 004.725.5

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 31.05.18, принята к печати 03.09.18.

Ссылка для цитирования: Викулов А. С., Парамонов А. И. Анализ подходов к организации радиопокрытия в сетях Wi-Fi с высокой плотностью пользователей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Том 6. № 3. С. 28–41.

HIGH DENSITY Wi-Fi NETWORKS COVERAGE STRATEGIES

A. Vikulov^{1*}, A. Paramonov¹

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

* Corresponding author: asv012016@gmail.com

Abstract—When making predictive modelling of the high density wireless networks the designer typically solves the problem of the signal coverage strategies selection, i.e. the set of approaches to the antenna configurations choice and access points placement. The work analyses main approaches to Wi-Fi coverage planning and their advantages and disadvantages in relation to high user density WLANs. **Research subject.** The present work is devoted to different wireless signal coverage strategies. **Method.** The ground for this work is: Wi-Fi solution vendors design guides and own more than 5-year design practice. **Core results.** The main coverage strategies proposed by the WLAN solution vendors for the high density WLANs have been analyzed. **Practical relevance.** The analysis carried out gives practical recommendations for high density WLANs implementation.

Keywords—IEEE 802.11, requirements, coverage, coverage strategy, high density, WLAN, Wi-Fi.

Article info

Article in Russian.

Received 31.05.18, accepted 03.09.18.

For citation: Vikulov A., Paramonov A.: High Density Wi-Fi Networks Coverage Strategies // Telecom IT. 2018. Vol. 6. Iss. 3. pp. 28–41 (in Russian).

Введение

Рассмотрим в данной работе комплекс подходов к организации сети Wi-Fi, включающий себя выбор антенных конфигураций и схему размещения точек доступа (ТД) в зависимости от особенности целевой зоны покрытия СВП. Также постараемся обозначить основные принципы построения радиопокрытия и некоторые тонкости, определяющие подходы к организации БЛВС с высокой плотностью пользователей.

Планирование сети СВП [1] должно принимать во внимание особенности объекта, где планируется развертывание. Материалы, используемые в строительстве зданий, имеют значительное влияние на распространение и затухание радиосигнала, и применяемые решения будут отличаться в различных пространствах: небольшие помещения, крупные конференц-залы, пространства под открытым небом.

Строительные материалы здания и другие источники затухания радиосигнала помогают при проектировании формировать ячейки сети, что позволяет добиться большей гибкости при повторном использовании каналов и увеличить общую пользовательскую емкость СВП. В зданиях с небольшими помещениями, в условиях высокого поглощения сигнала стенами и хорошей изоляции точек доступа друг от друга, можно легко организовать повторное использование частотных каналов [2]. С другой стороны, в условиях больших площадей с открытыми

пространствами, которые являются типичными для задач СВП, без достаточного затухания радиосигнала, повторное использование каналов, в особенности в диапазоне 2,4 ГГц, затруднено. В этом случае ввиду наличия только трех «непересекающихся» каналов и ограниченности доступной ширины спектра достаточно трудно изолировать соседей, т. е. уменьшить внутриканальную интерференцию, по крайней мере, в ситуациях, когда затухание сигнала между ячейками недостаточно.

В ряде случаев может оказаться необходимым совместить в пространстве несколько ТД/радиомодулей для обеспечения нужной емкости сети, поскольку двухдиапазонные точки доступа, работающие на непересекающихся каналах не в состоянии решить эту задачу при традиционной ячеистой расстановке. При совмещенном расположении точек доступа можно использовать следующие подходы:

- Использовать секторные антенны и ограниченный уровень излучения на ТД для ограничения зоны покрытия отдельных точек доступа и формирования отдельных ячеек БЛВС.
- Обеспечить покрытие путем размещения точек доступа в местах, где ослабление сигнала ограничивает его распространение за пределы целевой зоны покрытия.

Добавим, что в настоящее время становятся доступны ТД с более чем двумя радиомодулями, с возможностью выбора диапазона на радиомодуле, что дает возможность задействовать на одной ТД, например, два и более модулей в диапазоне 5 ГГц с широкими возможностями

Вне зависимости от применяемых подходов, все ТД должны быть расположены на расстоянии не менее чем 3 метра друг от друга для снижения межканальной интерференции¹. Дополнительно, близко расположенные точки доступа должны быть сконфигурированы на использование несмежных радиоканалов с соответствующим уровнем мощности передачи и адаптивной Clear Channel Assessment (CCA) для снижения эффектов межканальной интерференции в будущем. Отметим, что, несмотря на то, что адаптивные пороги CCA планируется принять лишь в ожидаемом дополнении стандарта IEEE 802.11ax, многие производители успешно реализуют этот подход в своих реализациях ПО для своего оборудования на текущих версиях стандарта [Aruba OS 8.3.0.0 User Guide²] уже сейчас.

Часто в высокоплотной среде проблемой является простота доступа к смонтированным ТД и внешний вид решения. Важнейшим фактором является радиообследование. После того как точки доступа расставлены, корректировка их размещения/юстировка становится все более сложной, поэтому лучшим вариантом было бы проверять радиопокрытие в процессе монтажа.

Выбор антенн

При планировании СВП, применение узконаправленных антенн фактически является обязательным. Поскольку достижимая суммарная пропускная способность ячейки БЛВС обратно пропорциональна площади покрытия. Для больших

¹ Aruba High Density Wireless networks for Auditoriums. VRD. 2010.

² Aruba OS 8.3.0.0 User Guide. Hewlett Packard Enterprise Development LP. 1139 p. 2018.

зон покрытия с высокой плотностью пользователей, чем уже диаграмма направленности направленной антенны, тем лучше для работы СВП.

Два ключевых параметра, которые определяют характеристики направленной антенны для СВП – это ширина диаграммы направленности (ДН) и коэффициент усиления (КУ). Ширина диаграммы направленности (угол расхождения основного лепестка ДН) обычно приводится в документации различная для двух диапазонов (2,4 и 5 ГГц) и двух плоскостей (горизонтальная и вертикальная) как угол, при котором коэффициент усиления снижается на 3 дБи. Поэтому нужно учитывать, что фактически направленные антенны излучают с большей шириной ДН. Для выбора нужной ширины ДН необходимо оценить требуемую пользовательскую емкость в пределах целевой зоны покрытия СВП, принимая во внимание эффекты внутриканальной интерференции.

Другой ключевой параметр антенн для СВП – коэффициент усиления по основному лепестку ДН. Традиционные антенны имеют значение этого параметра от 2 до 6 дБи. Коэффициент усиления антенн СВП начинается от 4 дБи и достигает значений в 14 дБи и более. Антенны с меньшими значениями КУ используются для минимизации интерференции между смежными ячейками. Наоборот, антенны с большими значениями востребованы в крупных инсталляциях с большим расстоянием от точки доступа до клиента – стадионы, концертные залы и т. п.³

В таблице 1 приведены примерные значения для указанных характеристик антенн как для традиционных БЛВС так и для СВП.

Таблица 1.

Примерные значения для указанных характеристик антенн
как для традиционных БЛВС так и для СВП

Характеристика антенны	Традиционные сети	Сети высокой плотности
Ширина ДН в вертикальной плоскости, градусов	55–120	18–60
Ширина ДН в горизонтальной плоскости, градусов	100–360	35–100
Коэффициент усиления, дБи	2–6	4–14 и выше

Всенаправленные антенны

Установка точек доступа с всенаправленными антеннами с низким коэффициентом усиления рекомендуется в небольших помещениях, в которых не предполагается повторного использования каналов.

Необходимо избегать применения всенаправленных антенн с высоким коэффициентом усиления [3]. Этот тип антенн увеличит размер ячейки, что нежелательно в задачах построения СВП. Всенаправленные антенны с высоким коэффициентом усиления обычно имеют более узкую ДН – в вертикальной плоскости по сравнению с всенаправленными антеннами с меньшим КУ. На практике этот эффект будет тем более заметен, чем выше потолок, т. е. уровень сигнала на уровне пола может оказаться недостаточным, при потолочном размещении ТД. В свою очередь, всенаправленная антенна с низким КУ имеет меньшее

³ Ventev. How to Select the Correct Wi-Fi Antenna When Designing WHD. Application note. 2016.

покрытие. Таким образом, размер ячейки будет уменьшен, число пользователей ячейки будет ограничено, а внутриканальные помехи, генерируемые клиентскими устройствами, минимизированы. В конечном итоге – качество покрытия будет лучше [3].

Направленные антенны

Однако задачи высокоплотной беспроводной инфраструктуры редко удается решать посредством применения исключительно всенаправленных антенн. Если БЛВС требует повторного использования каналов в сплошном открытом пространстве или покрытие требуется для нестандартных зон (в том числе уличных), возможности по монтажу точек доступа могут оказаться сильно ограничены. Таким образом, направленные антенны с разнообразными ДН будут более подходящими в ситуациях, где применение всенаправленных антенн неприемлемо.

Стоимость оборудования, а также сложность проектирования и развертывания сетей с применением направленных антенн значительно выше, равно как выше и достигаемые результаты.

Достоинства направленных антенн в СВП можно развивать, применяя концепцию секторизации радиопокрытия, широко применяемую в сетях сотовой связи, но пока редко находящую техническую реализацию в решениях Wi-Fi. Организации покрытия с разделением ячейки покрытия на сектора, дает следующие преимущества:

- возможно повторное использование каналов в разных радиомодулях одной ТД;
- возможна организация более четко разграниченных ячеек СВП;
- при правильном позиционировании антенн, снижаются все виды интерференции;
 - ввиду того, что КУ направленной антенны работает в обоих направлениях передачи, фактически улучшается чувствительность приема, тем самым снижая процент ошибок передачи;
 - немного снижаются отрицательные стороны многолучевого распространения радиосигнала, поскольку передача идет в пределах сектора покрытия;
 - становятся менее заметными проблемы «скрытого узла».

Не все технические реализации поддерживают подобную архитектуру, но при возможности ее преимущества в ряде случаев разумно использовать при планировании⁴.

Однако и без секторного подхода к построению ячеек СВП, применение направленных антенн с высоким коэффициентом усиления позволит создать:

- Меньшие по размеру ячейки радиопокрытия прямо под точкой доступа и лучшую изоляцию каналов между соседними ячейками, сохраняя при этом достаточный уровень мощности и чувствительность в сторону клиентов своей ячейки.
 - Меньшую ширину ДН, создающую меньшие по размеру ячейки. Это важно, поскольку в СВП редко удается обойтись без повторного использования каналов.

⁴ Xirrus High Density Wi-Fi Application Note. 2012.

Коэффициент обратного излучения антенны, Front to back ratio (FTB) – это еще одна характеристика направленной антенны на которую следует обращать внимание. FTB показывает степень изолированности обратного направления относительно основного лепестка ДН. С учетом того, что с обратной стороны антенны обычно находится хорошо поглощающая стена, это фактически обозначает меньшие потери на излучение в противоположную сторону.

Использование наклона направленных антенн

При корректном выборе, монтаже и настройке использование направленных антенн может дать необходимую изоляцию между ячейками. Одним из важнейших факторов в этом случае является расчет наклона направленной антенны для получения нужного покрытия площади. Схема покрытия может быть скорректирована путем корректировки высоты и угла наклона антенны.

Изменяя угол наклона антенны, можно менять характеристики радиопокрытия на конкретных участках, что дает дополнительную гибкость при развертывании БЛВС. Для каждой антенны для начальной настройки обычно достаточно измерить уровень сигнала на расчетной площади, после чего скорректировать положение антенны. Дальнейшая подстройка может быть произведена вручную или контроллером посредством механизмов управления радиоресурсами (RRM). Во всех случаях обязательно проведение полного радиообследования объекта для проверки соответствия результатов поставленным требованиям.

Коэффициент усиления антенны напрямую влияет на результирующую ЭИИМ (эквивалентную изотропно излучаемую мощность). Небольшие коэффициенты усиления (4–8 дБи) легко управляются средствами RRM. Однако, когда требуется применение антенн с высокими коэффициентами усиления (более 10 дБи) для достижения ЭИИМ может потребоваться физическое ослабление линии передачи между ТД и антенной с использованием аттенюаторов. Так, например, в случае если применяется антенна с коэффициентом усиления 13 дБи, то даже при уровне передачи ТД выставленном на –1 дБм, в отсутствие затухания сигнала в антенном кабеле, ЭИИМ будет равна 12 дБм. Это может оказаться неприемлемым, если выбранный частотный план требует достижения ЭИИМ порядка 4–5 дБм. В таком случае потребуется аттенюатор на 10 дБ для того чтобы вернуть ЭИИМ к уровням, управляемым средствами RRM. В данном случае использование аттенюаторов имеет целью компенсировать высокий коэффициент усиления антенны.

Однако здесь необходимо учитывать, что сильное снижение мощности имеет и обратный эффект в виде снижения, во-первых, собственного ОСШ (отношения сигнал/шум) точки доступа, а во-вторых общего ОСШ в целевой зоне покрытия. Это ведет к более низким скоростям соединений и большей занятости временного радиоресурса канала медленными передачами.

Как уже отмечалось выше, в высокоплотной сети важно изолировать ячейки сети друг от друга для снижения межканальной интерференции. Это может быть достигнуто внесением пространственного зазора между точками доступа. Проектировщик также должен учитывать разнообразные препятствия на планировке для снижения этих эффектов. При этом задача пространственного разнесения ТД распадается на два соображения:

- промежуток между установленными антеннами;

- промежуток между собственно установленными точками.

Обычно, если точки доступа совмещены со своими антеннами или используются точки доступа с интегрированными антеннами, разница между этими двумя замечаниями отсутствует. Однако, нередко антенны заметно отнесены в пространстве от ТД в случае, когда, например, точка установлена в защищенном шкафу и это расстояние может быть довольно заметно, его не стоит игнорировать⁵.

Варианты расстановки точек доступа

Обычно рассматривается три типовых метода расположения точек на целевой площади, каждая со своими преимуществами, которые будут рассмотрены ниже. При этом, в общем случае они не должны комбинироваться.

- Потолочное размещение. В данном случае ТД обычно размещаются на потолке с применением антенн с небольшим коэффициентом усиления.
- Размещение на стенах. ТД размещаются на боковых стенах помещения, обычно на высоте не выше 4 м. В этом случае могут применяться как всенаправленные, так и направленные антенны с основной ДН ориентированной в сторону пользователей.
- Напольное размещение. При этом случае создаются ячейки сети, размещающая точки доступа под полом помещения или внутри него. Этот подход позволяет достичь многократного повторного использования каналов.

При каждом из этих подходов принимаются соответствующие решения относительно типа применяемых антенн, метода монтажа, пространственного промежутка между ТД и способа подключения к проводной инфраструктуре⁶. Далее рассмотрим эти подходы подробнее.

Расстановка на потолке

Наиболее общим способом получить равномерное покрытие – равномерно распределить точки доступа над зоной обслуживания. В этом случае очень удобно организовать ячеистую структуру СВП. Повторное использование каналов в данном случае оказывается возможным организовать на значительно меньших площадях, а границы ячеек определяются типом конкретной антенны и высотой монтажа.

Высота потолка в некоторых помещениях, например, в концертном зале, может быть очень большой – до 8–10 метров и более. Влияние такого большого расстояния от ТД до целевой площади покрытия необходимо тщательно учитывать. Обычно увеличение порогового значения уровня мощности (TPC – *transmit power control*) на 3–8 дБ бывает достаточно для нормального приема на уровне пола. В случае использования направленных антенн, обычно повышенный коэффициент усиления компенсирует большое расстояние, однако в случае очень высоких потолков (более 10 метров), необходима ручная корректировка уровня мощности.

⁵ Aruba High Density Wireless networks for Auditoriums. VRD. 2010.

⁶ Там же.

Потолочное размещение точек – хороший выбор, когда требуется равномерное покрытие всей площади. В этом случае точки размещаются выше уровня зрения посетителей, а в ряде случаев систему можно почти полностью скрыть, используя внешние антенны на подвесном потолке, а ТД разместить за ним. Разумеется, должен быть обеспечен доступ в запотолочное пространство для прокладки, соответствующей структурированной кабельной сети (СКС).

При потолочном размещении, точки можно размещать как на подвесном потолке, так и над ним. В последнем случае необходимо учитывать материал потолка и наличие колонн, балок и консолей, которые в совокупности с применением направленных антенн могут снизить эффекты скученности ТД в помещении. Т. е., размещая ТД рядом с консолями, можно избежать влияния их радиомодулей друг на друга. При этом, чем ближе препятствие, тем выше эффект перекрытия сигнала. Однако, например, руководство Aruba High Density Wireless networks for Auditoriums не рекомендует размещать точки доступа более чем на 15 см выше материала потолка для минимизации затухания сигнала в сторону пользователей.

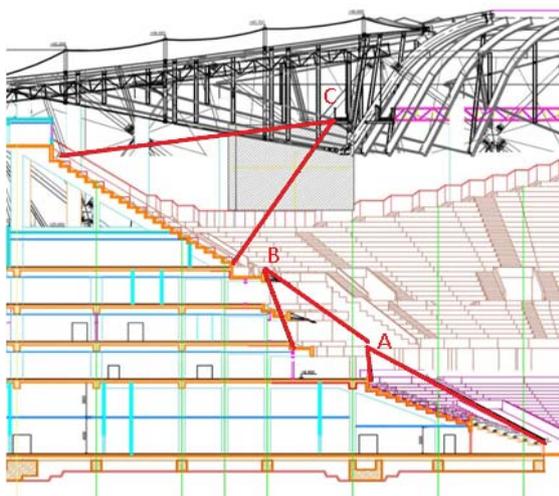


Рис. Пример ярусного размещения точек доступа

Отметим, что в случае СВП на открытом пространстве, например, на стадионе, ключевым вопросом будет покрытие чаши таким образом, чтобы минимизировать число видимых отдельному пользователю точек доступа. Обычно это реализуется ярусным расположением ТД. На рис. приведен вертикальный разрез стадиона, иллюстрирующий пример такого решения. На нем буквами А, В и С обозначены места размещения ТД, а парой красных лучей от каждой ТД – вертикальные проекции их ДН.

Подытожим преимущества и недостатки потолочного размещения точек:

Преимущества:

- точки могут быть внешне спрятаны, с применением антенн с утапливаемым креплением;
- точки могут быть размещены выше поля зрения;
- можно достигнуть более равномерного уровня сигнала на целевой площади;
- прямая видимость клиентских устройств с минимальным затуханием, видимым телами пользователей;
- при использовании соответствующих антенн – меньшая внутриканальная и межканальная интерференция между соседними точками.

Недостатки:

- сложность монтажа и юстировки антенн;
- сложность развертывания СКС за потолком.

Боковая расстановка

В зависимости от размеров, возможно покрытие площади путем расстановки точек на боковых стенах. Если ширина помещения больше, чем удвоенный размер ячейки СВП, то покрытие возможно с использованием направленных антенн, расположенных на боковых стенах с соответствующим углом наклона. Если речь идет о концертном зале, то обычно в нем имеют место проходы между креслами. В этих проходах удобно запроектировать участки перекрытия ячеек. В случае использования наклоненных направленных антенн, обычным решением будет размещение их на высоте 3–4 метра с наклоном 30–60 градусов.

Также, как и с потолочным размещением точек доступа, необходимо самым внимательным образом ориентировать антенны для покрытия требуемой площади при минимальной интерференции между точками. Отметим, что фактически даже в самых крупных помещениях, ТД будет способна принимать сигнал от всех прочих, поэтому желательно чтобы соседние каналы, такие как например 36 и 40 не были активны на соседних ТД. ПО контроллера обычно автоматизирует выбор канала, однако уровень интерференции при таком подходе к обеспечению радиопокрытия будет хуже, чем при потолочном или напольном размещении. При этом порой размещение точек доступа на меньшей высоте может принести определенную выгоду. В одном случае из практики, перенос точек с высоты 3–5 метров до почти уровня пола значительно снизил интерференцию при заполненном зале. Связано это было с тем, что наличие массы тел пользователей создавая затухание на небольшой высоте, что значительно облегчило работу. Необходимо отметить, что часть излучаемой ТД мощности теряется в сторону соседних помещений. Если предполагается развертывание высокоплотных сетей Wi-Fi в соседних помещениях, то это явление можно обратить на пользу.

В целом при боковом размещении, точки доступа должны быть равномерно распределены по длине каждой из используемых для монтажа стен для достижения максимального эффекта пространственного разнесения. Утечки сигнала можно избежать, применяя направленные антенны с низким коэффициентом усиления. Данный подход к организации радиопокрытия позволяет размещать точки ближе друг к другу. Подробнее о минимумах расстояния между точками доступа см. в [Aruba High Density Wireless networks for Auditoriums. VRD. 2010].

Как частный случай боковой расстановки точек доступа может рассматриваться фронтальная расстановка.

Рядом с передней и задней стенами помещения обычно имеется открытое пространство. Например, в театре удобно располагать точки доступа в 2 уровня над сценой или под сценой, если она высоко приподнята относительно зрительного зала. Нижние точки с относительно широкой ДН (80 градусов в горизонтальной плоскости) обеспечат покрытие ближнего ряда Wi-Fi ячеек, верхние же точки, будучи наклоненными, обеспечат второй, считая от ТД, ряд ячеек. Повторение этой схемы с обратной стороны зала даст в итоге хорошую картину радиопокрытия.

В целом согласно⁷ [3] не рекомендуется применять направленные антенны с высокими коэффициентами усиления (более 8 дБи) в помещениях. Причин тому несколько:

⁷ Aruba High Density Wireless networks for Auditoriums. VRD. 2010.

- ввиду широкого применения технологии множественного ввода-вывода (MIMO), выгода от переотражений сигнала в небольшой аудитории или конференц-зале нивелирует любую выгоду от антенны с узкой ДН;
- повышенная интерференция за пределами помещения;
- не лучший внешний вид при применении узконаправленных антенн (иногда нескольких), каждой с отдельным крепежом с одной ТД, что может затруднить согласование конечного решения с дизайнером интерьера, если оно требуется;
- высокая цена.

Тем не менее, установка аттенюаторов и корректная юстировка антенн позволяет находить отвечающие исходным требованиям решения в сложных ситуациях, где применение узконаправленных антенн является одним из немногих возможных решений.

Иногда при наличии опор и колонн в помещении, возможно прокладка кабеля внутри них. Это может быть использовано проектировщиком для достижения более равномерного радиопокрытия, чем это возможно расставляя точки только на боковых стенах.

Имеющиеся в помещении колонны, балконы и т. п. создают естественные тени. В обычной сети Wi-Fi подобные особенности потребуют дополнительных точек доступа для обеспечения покрытия пользователей, расположенных в такой тени. В высокоплотной сети эти особенности могут быть использованы с пользой для большего повторного использования каналов [3]. В данном случае полезно пользоваться эффектом «тени», создаваемой колонной, которая снижает уровень покрытия со стороны обратной точки монтажа для ограничения эффектов «скученности» точек доступа аналогично использованию балок при потолочном размещении.

Как видно, разнообразие сценариев боковой расстановки точек доступа довольно велико. Подытожим преимущества и недостатки этого подхода:

Преимущества:

- простота монтажа точек и развертывания СКС;
- возможно использование колонн и использование эффекта «тени».

Недостатки:

- сложнее контролировать эффекты интерференции между помещениями;
- высокие потери мощности излучения за пределы зоны покрытия.

Варианты покрытия целевой площади снизу

Наиболее разумным подходом авторы руководства Aruba High Density Wireless networks for Auditoriums считают покрытие площадей, размещая точки под полом, внутри него или сразу над ним. В этом случае, фактически, применяется вариант потолочного размещения с обсуждавшимся ранее типами антенн с обратной их ориентацией и соответствующим широким варьированием уровней излучения.

При этом подходе, используя затухание сигнала в телах пользователей с целью достичь минимальных значений ЭИИМ, можно достичь повторного использования каналов на расстоянии в 9 м. Покрытие на уровне пола – вероятно, лучший выбор, когда возможен приемлемый доступ к помещению снизу. Точки доступа могут быть расположены как снизу под перекрытием или внутри фальшпола.

При такой расстановке есть все преимущества потолочного размещения точек без проблем доступа к ТД для их обслуживания. Поскольку сигнал нацелен вверх, влияние ТД того же этажа с точки зрения интерференции достаточно мало.

Если речь идет о концертном зале и другом подобном помещении, то такой подход имеет два преимущества. Во-первых, пользователи сами по себе ослабляют сигнал, таким образом, может быть расставлено больше точек доступа с большим повторным использованием каналов, чем могут позволить другие методы. Во-вторых, это часто хороший способ спрятать точки доступа. Разумеется, необходимы натурные измерения для определения характеристик распространения сигнала в выбранном месте. При этом нужно обратить внимание на материал, поскольку металлические детали столов и стульев создадут разнообразные эффекты затухания и переотражения сигнала.

Размещение точек доступа под полом с целью обеспечения покрытия может дать хорошее затухание сигнала. В теории это позволит создать на заданной площади множество ячеек сети очень небольшого размера. Однако в реальности число заказчиков реализовавших эту идею крайне невелико. Тем не менее, вариант размещения точек доступа под полом не следует игнорировать – может оказаться, что именно это решение оптимальным. Очевидно, что радиопроницаемость материала пола будет ключевым фактором. Так, например, если материалом пола (перекрытия) является предварительно напряженный железобетон или железобетон с высокой плотностью арматуры, такое решение может оказаться неподходящим.

Обратим внимание, что иногда рекомендуется учитывать отражательную способность материала пола, когда часть энергии излучения сразу отражается от препятствия [3]. Однако на практике этот фактор учесть затруднительно, поскольку большинство применяемых на практике продуктов, предназначенных для предиктивного моделирования радиопокрытия, не позволяют учесть эффект отражения радиосигналов ввиду того, что заложенные в них модели распространения радиоволн несут в себе чаще всего эмпирическую базу [4].

При размещении на этаже ниже целевого, необходимо использование направленных антенн с коэффициентами усиления 6–8 дБи для компенсации затухания в перекрытии. Последнее сильно зависит от материалов перекрытия и должно быть прямо измерено для обоснования возможности применения такого способа расстановки. Отметим, что в таком случае, расстояние от ТД до перекрытия самым прямым образом влияет на размер ячейки.

Перечислим преимущества и недостатки напольного размещения ТД.

Преимущества:

- возможно повторное использование каналов;
- возможно достижение высоких плотностей размещения ТД;
- при наличии фальшпола, точки легко скрыть;
- равномерное радиопокрытие по всей площади;
- лучшая картина с точки зрения различных видов интерференции.

Недостатки:

- необходим доступ к помещению снизу;
- необходимость прокладки кабеля под полом (фактически обязательность наличия фальшпола);

- высокое затухание сигнала, требующее применение антенн с высоким коэффициентом усиления;
- обязательность измерения затухания сигнала сквозь межэтажное перекрытие.

Общие рекомендации к выбору мест монтажа

Подытожим рассмотренные подходы в таблице 2. В ней кратко перечислены основные преимущества и недостатки каждого из подходов.

Таблица 2.

Цели проектирования и учитываемые факторы

	Сверху	Сбоку	Снизу
Организация повторного использования каналов	затруднено	затруднено	просто
Интерференция	высокая	высокая	низкая
Плотность пользователей	средняя	средняя	высокая
Прямая видимость клиентских устройств	да	да	нет
Удобство монтажа	простое	простое	сложное
Простота СКС	простая	простая	сложная

Выбор мест для размещения антенн всегда очень важен. Вот некоторые рекомендации:

- Следует выбирать места размещения без препятствий на линии прямой видимости «антенна (ТД) – клиент».
- Если используются внешние антенны, рекомендуется располагать точки доступа максимально близко к антеннам. В случае необходимости иметь длинный антенный кабель, особое внимание следует уделить его качеству.
- При ориентировании антенн рекомендуется руководствоваться следующими принципами:
 - Не следует сочетать различные подходы в пределах одного помещения. Настоятельно рекомендуется применять один подход для помещений одного типа в рамках одной площадки.
 - Не рекомендуется размещать антенны или точки доступа вплотную к местам размещения людей. В ряде стран существуют нормативные ограничения исходя из величины удельного коэффициента поглощения для определения минимального расстояния от антенны до человеческого тела.
 - При боковом размещении направленных антенн в противоположных сторонах комнаты, антенны необходимо размещать с учетом соответствующего наклона⁸.

⁸ Aruba High Density Wireless networks for Auditoriums. VRD. 2010.

Учет смежных сетей высокой плотности

Часто встречается ситуация, когда конференц-залы, аудитории и иные помещения с сетями высокой плотностью пользователей размещены на одном этаже и имеют общую стену. В этом случае возможна интерференция между сетями, которая может привести к общему снижению качества покрытия. В этом случае для сохранения производительности сети, может быть необходимо использовать соответствующие внешние направленные антенны.

Конференц-залы часто располагаются на планировке кластерно, имеют общую стену, выходят в общий холл, либо расположены друг над другом. Такая обстановка требует внимательного подхода к радиопланированию, поскольку возникающая внутриканальная и межканальная интерференция, часто дополненная нерасчетным влиянием точек доступа и клиентов разных помещений друг на друга могут значительно снизить качество работы. В любом случае этот факт обязательно должен быть учтен при моделировании радиопокрытия.

Как ранее отмечалось, основной проблемой для клиентов высокоплотной сети является высокий уровень внутри- и межканальной интерференции ввиду того факта, что число клиентов значительно превосходит число ТД. В высокоплотном окружении рекомендуется всегда использовать наиболее низкий уровень ЭИИМ. Далее, важно задействовать управление мощностью передачи (TPC) для снижения уровня мощности на максимальном числе клиентских устройств. Устройства, не поддерживающие TPC, могут создать высокую интерференцию, с которой сложно бороться иначе как своевременным обновлению ПО на этих устройствах.

В случае потолочного или напольного размещения ТД, высокоплотная сеть скорее всего сможет сосуществовать с любой другой сетью. Особенно это проявляется в случае размещения точек под полом, где уровни ЭИИМ могут быть очень низкими, а уровень сигнала, принимаемого на смежном этаже, при должном подходе, не превысит -82 дБм. Помимо этого у направленных антенн имеет место высокое соотношение между коэффициентами усиления прямого и обратного лепестков ДН, что также снизит интерференцию ввиду их противоположной направленности. В целом, чем выше коэффициент усиления направленной антенны, тем выше это соотношение.

Никогда не следует размещать точки или антенны «спина к спине» при работе на одном канале. Даже при соотношении коэффициентов усиления прямой и обратной диаграмм направленности в 20 дБ (что является очень хорошим показателем), увеличение интерференции будет весьма значительным. Лучше всего, удостовериться что имеет место избыточный промежуток между используемыми каналами – например для каналов шириной 20 МГц, величиной «безопасного зазора» будет 40 МГц (например, каналы 36 и 44)⁹.

При окончательном тестировании характеристик развернутой сети рекомендуется проводить обследование заполненного пользователями пространства (хотя бы четверти его) при этом ключевой целью измерения является размещение точек, а не пропускная способность. Особо внимательно следует изучить результаты измерения внутриканальных помех для проверки принятого частотного плана.

⁹ Там же.

Выводы

- 1) В работе рассмотрены ключевые подходы к организации радиопокрытия в сетях Wi-Fi с высокой плотностью пользователей.
- 2) Проведенный анализ дает конкретные практические рекомендации относительно возможности использования различных подходов в проектной практике.
- 3) Рассмотрены различные варианты применения направленных и всенаправленных антенн в свете решения задач построения СВП.

Литература

1. Florwick J., Whiteaker J., Amrod A. C., Woodhams J. Wireless LAN Design Guide for High Density Environments in Higher Education. Cisco Systems. 2017.
2. Викулов А. С., Парамонов А. И. Введение в сети Wi-Fi с высокой плотностью пользователей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Т. 6. № 1. С. 12–20.
3. Lytaev M. Non-local boundary conditions for split-step PAD approximations og the Helmholtz equation with modified refractive index // IEEE antennas and wireless propagation letters. 2018. Vol. 17. № 8. PP. 1561–1565.
4. Викулов А. С., Парамонов А. И. Анализ особенностей масштабирования сетей Wi-Fi с высокой плотностью пользователей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Т. 6. № 1. С. 32–42.

References

1. Florwick, J., Whiteaker, J., Amrod, A. C., Woodhams, J. Wireless LAN Design Guide for High Density Environments in Higher Education. Cisco Systems. 2017.
2. Vikulov A., Paramonov A. Introduction to the high density Wi-Fi Networks // Telecom IT. 2018. Vol. 6. Iss. 1. pp. 12–20.
3. Lytaev, M. Non-local boundary conditions for split-step PAD approximations og the Helmholtz equation with modified refractive index // IEEE antennas and wireless propagation letters. 2018. Vol. 17. N 8. PP. 1561–1565.
4. Vikulov A., Paramonov A. The sizing analysis of the high density Wi-Fi Networks // Telecom IT. 2018. Vol. 6. Iss. 1. pp. 32–42.

Викулов Антон Сергеевич

– аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,
Российская Федерация, asv012016@gmail.com

Парамонов Александр Иванович

– доктор технических наук, профессор, СПбГУТ,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,
alex-in-spb@yandex.ru

Vikulov Anton

– Postgraduate, SPbSUT, St. Petersburg,
193232, Russian Federation, asv012016@gmail.com

Paramonov Alexander

– Doctor of Engineering Sciences, Full Professor,
SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation,
alex-in-spb@yandex.ru