

АКТИВНЫЙ РЕТРАНСЛЯТОР НА ОСНОВЕ АНТЕННЫ БИКВАДРАТ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ISM ДИАПАЗОНА

Алексеев И.Е., Стрельницкий А.А., Цопа А.И., Шокало В.М.
Харьковский национальный университет радиозлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. основ радиотехники, тел. (057) 702-14-30,
E-mail: multimedia@kture.kharkov.ua

The pressing question of planning of wireless network is development of active repeater on the basis of the directed aerial with parameters not worse what at existent analogues at less sizes and by possibility of change of direction of radiation in apartments with difficult geometry of corridors. These questions are considered authors in a lecture.

При проектировании беспроводной сети (БС) цифровых систем передачи информации важным этапом является достоверное прогнозирование затуханий в радиоканалах, что способствует правильному частотно-территориальному планированию БС по заданной производительности. Производительность радиоканала таких систем падает с увеличением длины трассы за счет расходимости луча и переотражений. Одним из известных путей компенсации потерь является применение активных ретрансляторов (АР). Производители Wi-Fi оборудования предлагают использовать в составе АР направленные антенны. Однако, как правило, основным недостатком таких антенн являются большие размеры и невозможность изменения конфигурации зоны обслуживания. Таким образом, одним из актуальных вопросов проектирования БС является разработка АР на основе направленной антенны с параметрами не хуже чем у существующих аналогов при меньших габаритах и возможностью изменения направления излучения в помещениях со сложной геометрией коридоров. Эти вопросы рассмотрены авторами в докладе.

Предлагается следующее (одно из возможных) техническое решение активного ретранслятора (рис. 1). Видекамера (1) типа DCS-2120 фирмы D-Link подключена к точке радиодоступа DWL-1000 AP+ тоже фирмы D-Link, которая нагружена на направленную антенну (3). Для электропитания используется аккумуляторная батарея с напряжением 5В. Она расположена снизу основания АР (4), поэтому на рис. 1 не видна.

Антенна является элементом конструкции АР с изменяемой геометрией (рис. 1, в) и состоит из двух излучателей типа «двойной квадрат» над экраном (рис. 1, в). Каждый из них подключен к одному из двух антенных гнезд точки доступа и выполнен так, что можно механически регулировать его положение в пределах угла $\theta_{1,2} = 0^\circ \div 90^\circ$. Это позволяет изменять конфигурацию и удаление (от местоположения АР) зоны обслуживания.

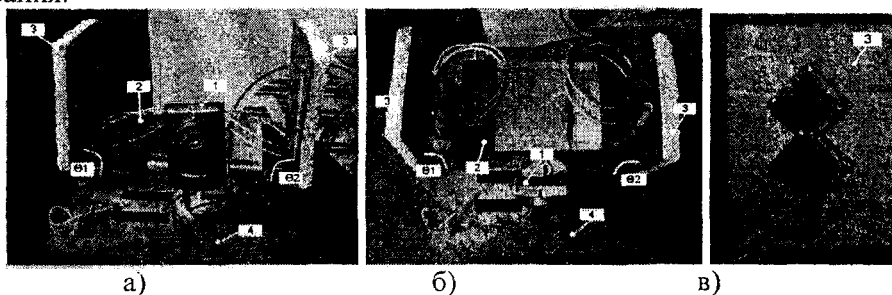


Рис. 1. Общий вид активного ретранслятора

При выборе типа антенны для АР было рассмотрено несколько модификаций антенны биквадрат (вариант представленный на рис. 1, в имеет один излучатель). Моделирование и расчет антенны были проведены с помощью программного продукта ANSOFT HFSS V11, в диапазоне частот от 2,399 ГГц до 2,484 ГГц (Wi-Fi диапазон

занимает полосу 2,401-2,483 ГГц). Полагалось, что рефлектор антенны выполнен из медной пластины толщиной 1.5 мм, а излучатель – из медной пластины шириной 5 мм и толщиной 1 мм. Были рассчитаны диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях на трех частотах – 2.403 ГГц, 2.484 ГГц, 2.434 ГГц. Также произведены вычисления параметров антенны с различными расстояниями между излучателем и рефлектором – 14, 16, 18 мм. Рассчитаны матрицы S, Y, Z и входное сопротивление Z_0 . Получены такие данные: входное сопротивление – 54 Ом, ширина диаграммы направленности по уровню половинной мощности – 49° , уровень заднего лепестка – 8.5 дБ.

Авторами, экспериментальным путем, была измерена диаграмма направленности биквадратной антенны по уровню отношения сигнал/шум на расстоянии 10 м. Диаграмма направленности приведена на рис. 2.

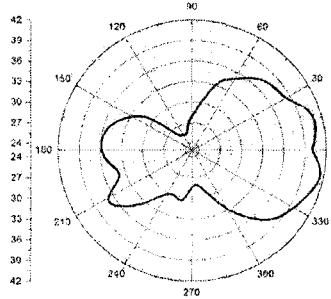


Рис. 2. Диаграмма направленности биквадратной антенны по уровню отношения сигнал/шум (дБ)

С разработанным ретранслятором и проводилась серия опытов. Первый из них заключался в исследовании эффективности применения поднятого над землей АР для передачи информации (в том числе фотографий) через препятствие (дом, возвышенность, разрушения в районе ЧС и т.д.). Эксперимент проводился на территории ХНУРЭ (рис. 3). АР был установлен с помощью шеста длиной 6 м на уровне крыши корпуса «И» и над стеной с воротами. Результаты измерений соотношения сигнал/шум в дБ отражены на рис. 3 так: точка и цифра – место и значение измерений без АР, крестик – место и значение измерений с АР при $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$; треугольник – место и значение измерений при $\theta_1 = 45^\circ, \theta_2 = 0^\circ$. Нетрудно видеть, что применение АР дает существенный выигрыш в значении сигнал/шум. Кроме того, при изменении угла θ максимум уровня сигнал/шум перемещается, что предоставляет дополнительные возможности по корректировке границ зоны обслуживания.

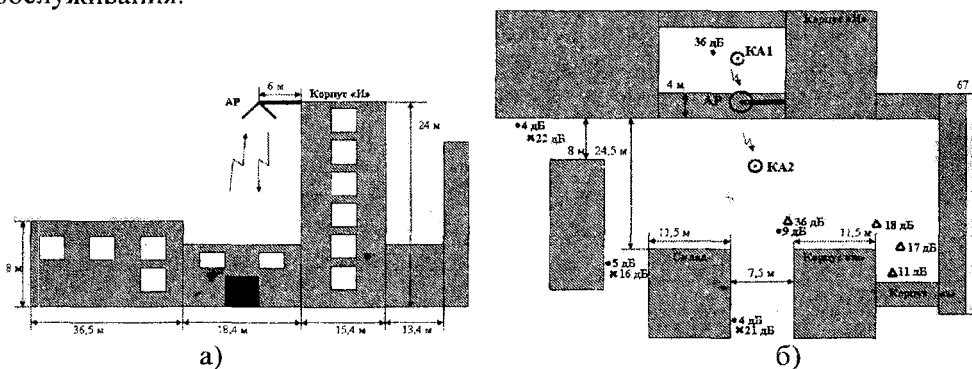


Рис. 3. План размещения аппаратуры при проведении опытов с ретранслятором: а) профиль участка для проведения эксперимента на территории ХНУРЭ, б) план участка для проведения эксперимента на территории ХНУРЭ

Другая часть опытов была проведена при установке АР на привязном дирижабле. Дирижабль имел форму эллипса с размерами осей $6 \times 1.5 \text{ м}^2$ и заполнялся гелием.

Проведенные эксперименты показали, что разработанный ретранслятор на подвижном носителе в совокупности с наземным оборудованием способен осуществлять функцию качественного видеонаблюдения с высоты до 40 м. Таким образом, разработанное средство может быть применено для организации локальной сети при проведении спасательных работ в зоне чрезвычайных ситуаций.

Далее с данным ретранслятором было проведено несколько опытов по применению его при создании таких проектов как, например, «Мобильный университет». Здания практически всех университетов имеют длинные коридоры, соединяющие аудитории. Отдельные части здания могут быть разделены открытым пространством. На рис. 4 приведен вероятный фрагмент плана одного этажа здания университета. Из плана следует учитывать три возможных механизма распространения радиоволн: по открытому пространству (например от точки доступа ТД1 к точке доступа ТД2); в закрытых помещениях (аудиториях) с большим количеством переотражающих поверхностей; по длинным коридорам, так называемым «волновым каналам» (например, от ТД3 к абонентским станциям). Отметим, что на рис. 5 показаны диаграммы направленности, указывающие направление максимумов излучения антенн.

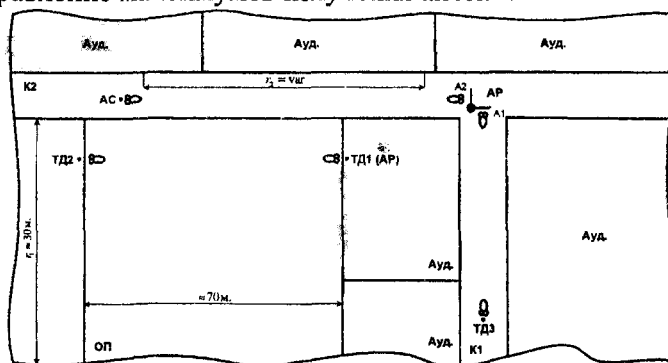


Рис. 4. Фрагмент плана одного из этажей ХНУРЭ

Первый опыт – передача цифровой информации по открытому пространству (≈ 70 м неподвижной, а ТД2 перемещалась вдоль стены корпуса на расстояние $r = 2...30$ м. Антенны направлялись в окна аудиторий. В результате измерений установлено, что уровень сигнала, фиксируемый при движении ТД2 изменяется от 14 до 27 дБ. Это достаточно для передачи информации с высоким качеством. Таким образом, применение АР решает проблему минимизации точек доступа при реализации беспроводной сети по открытому пространству.

Второй опыт – точка доступа ТД3 устанавливалась в конце коридора К1 (рис. 4). Ретранслятор размещался на углу, соединяющем коридоры К1 и К2. Антенны ретранслятора А1 и А2 были установлены под углом 90° . Абонентская станция перемещалась на расстояние r , от антенны А2 и проводились измерения уровня сигнала. Затем направленные антенны ретранслятора были заменены на стандартные слабонаправленные антенны точки доступа и вновь проводились измерения. Сравнительный анализ полученных результатов показал, что выигрыш в уровне сигнала при применении активного ретранслятора составляет от 4 до 9 дБ в разных точках коридора К2, что свидетельствует о целесообразности его применения при построении беспроводной сети.

На основе проведенных опытов, на кафедре основ радиотехники ХНУРЭ разработан мобильный активный ретранслятор с механизмом поворота антенн. Проведены исследования диаграмм направленности мобильного ретранслятора, основной функцией которого будет обеспечение связи в труднодоступных местах или быстрая временная замена вышедшего из строя радиоканала, реконфигурация сети Wi-Fi, увеличение дальности работы канала связи. На рис. 5 приведены фотографии данной установки.

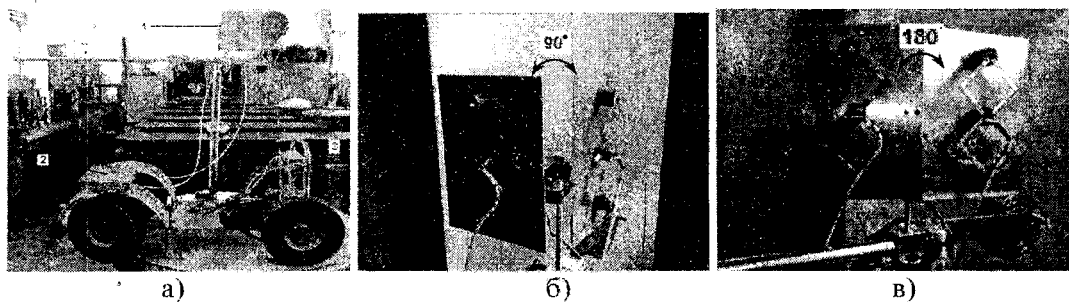


Рис. 5. Мобильный активный ретранслятор

Данная система является радиоуправляемой, основное ее преимущество – возможность разворота антенн на 180° . Ретранслятор состоит из трех основных частей (рис. 5, а): 1 – приемо-передающая антенна способная разворачиваться на 180° ; 2 – точка доступа DWL-1000AP+; 3 – самоходное радиоуправляемое шасси. Экспериментально сняты диаграммы направленности антенны ретранслятора в трех положениях. Первое положение: угол разворота антенны 0° – соответствует случаю, когда обе антенны AP направлены в противоположные стороны и угол между экранами антенн составляет 0 градусов (рис. 5, а). Второе положение: угол разворота антенны 90° – соответствует случаю, когда одна из антенн AP повернута на угол 90 градусов (угол между экранами антенн) по отношению к другой антенне (рис. 5, б). Третье положение: угол разворота антенны 180° – соответствует случаю, когда обе антенны AP направлены в одну сторону и угол между экранами антенн составляет 180 градусов (рис. 5, в). На рис. 6. приведены результаты экспериментально снятых зависимостей диаграмм направленности AP.

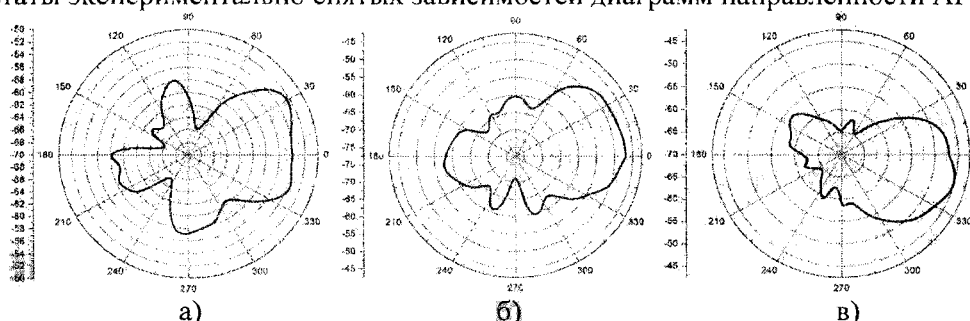


Рис. 6. Диаграммы направленности при развороте антенн: а) на 0 градусов, б) на 90 градусов, в) на 180 градусов

Также авторами измерены уровни сигнала и сигнал/шума в коридоре ХНУРЭ для созданного AP, для направленной параболической антенны California Amplifier QLP 130094 и для аппаратуры D-Link: всенаправленной антенны ANP24-1500 и слабонаправленной антенны точки доступа DWL-1000AP+. Полученные результаты показали что, предложенная нами конструкция антенны по параметрам практически не уступает фирменным антеннам D-Link и антенне California, а в некоторых моментах даже превосходит их при меньших габаритах.

Предложена структура AP на основе биквадратной антенны, с размерами $250 \times 150 \times 25$ мм, что гораздо меньше чем у аналогов. Ретранслятор обеспечивает уровень сигнала, удовлетворяющий требованиям организации Wi-Fi сети в коридорах, на расстоянии до 50 м. Разработан мобильный активный ретранслятор с механизмом поворота антенны, позволяющий обеспечить: связь в труднодоступных местах, быструю временную замену вышедшего из строя радиоканала, увеличить дальность работы канала связи. Совпадение результатов экспериментальных и расчетных данных, свидетельствует о работоспособности и достаточной степени эффективности разработанного AP, что может обеспечить достаточно широкую область его применения для оптимизации БС.