

**РАСШИРЕНИЕ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ  
АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ, ПОСТРОЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МАССИВОВ ПАСИВНЫХ РАССЕИВАТЕЛЕЙ**

А.Л. Умнов, М.О. Шуралев

*Нижегородский госуниверситет*

При использовании антенн в широкополосных системах беспроводной связи, таких как IEEE 802.11 WiFi или IEEE 802.16 WiMAX, одной из ее важнейших характеристик является ширина частотной полосы. Ширина полосы антенны, описанной в работе [1], составляет 45 МГц, что соответствует четырем частотным каналам WiFi систем связи.

Для модификации антенны и расширения частотной полосы невозможно просто произвести замену дипольных рассеивателей на другие, более широкополосные (например, петлевые вибраторы) и одновременно сохранить амплитудно-фазовые характеристики (рис. 1) и схему антенны. Однако возможно масштабировать рассеиватель для другого частотного диапазона. Например, масштабирование размеров рассеивателя для центральной частоты, сдвинутой на 200 МГц (2,62 МГц) относительно частоты резонансной для рассеивателя с оригинальными размерами (2,42 ГГц), позволяет сохранить вид, характер поведения и диапазоны изменения амплитуды и фазы переизлученного рассеивателями поля (рис. 2).

Наличие точек минимума амплитуды переизлученного поля в характеристиках рассеивателей разного типа (оптимальных для разных диапазонов частот) позволяет использовать их в конструкции антенной решетки одновременно (рис. 3). На рис. 1 сплошной кривой изображена амплитудно-фазовая характеристика рассеивателей, рассчитанных для диапазона с центральной частотой 2,42 ГГц (тип 1), пунктирной – характеристика рассеивателей, рассчитанных для диапазона с центральной частотой 2,62 ГГц (тип 2). И наоборот, на рис. 2 сплошной кривой изображена характеристика рассеивателей, рассчитанных для диапазона с центральной частотой 2,62 ГГц (тип 2), пунктирной – характеристика рассеивателей, рассчитанных для диапазона с центральной частотой 2,42 ГГц (тип 1). Из представленных графиков видно, что каждый тип рассеивателей имеет удовлетворительные характеристики в диапазонах частот, для которых они рассчитаны, а на других частотах рассеиватели могут быть переведены в состояние, где амплитуда переизлучаемой ими амплитуды будет минимальна (или значительно меньше, чем амплитуда поля, переизлученного рассеивателями другого типа). Таким обра-

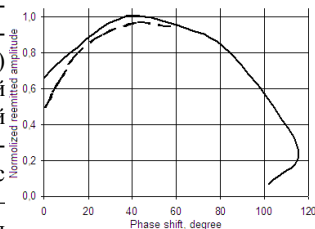


Рис. 1

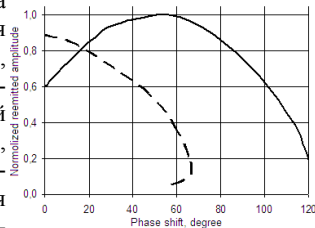


Рис. 2

зом, можно «включать» рассеиватели для работы в диапазоне частот, на который они рассчитаны, и «выключать» во всех остальных случаях.

Расстояние между элементами полученной решетки было выбрано 30 мм, что, исходя из результатов исследования, представленных в [1], минимизирует потери при перехвате энергии, однако увеличивает взаимное влияние и усложняет оптимизацию распределения напряжений смещения на варикапах.

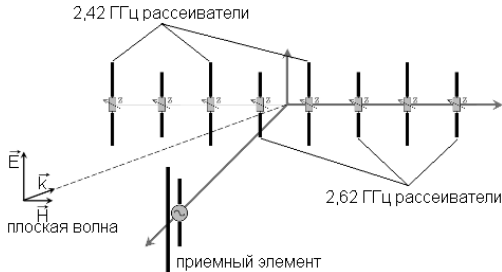


Рис. 3

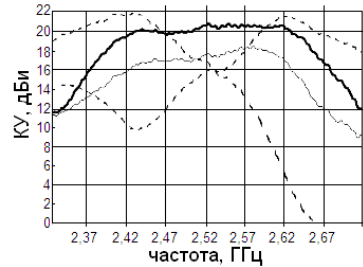


Рис. 4

Важное преимущество, которое дает такая модификация антенной решетки, – это возможность настройки антенны на промежуточных частотах, не являющихся центральными для используемых рассеивателей (например, частота 2,52 ГГц).

На рис. 4 представлены результаты оптимизации антенны в безэховой камере в различных частотных диапазонах. Пунктирными линиями изображены графики зависимости КУ антенны, составленной из рассеивателей одного типа (одного размера), от частоты. Оптимизация проводилась на одной частоте, для которой были рассчитаны соответствующие рассеиватели (левый максимум – для антенны из рассеивателей 2,42 ГГц, правый максимум – для антенны из рассеивателей на 2,62 ГГц). Ширина полосы для антенных решеток, составленных из рассеивателей одного типа (размера) составляет около 50 МГц по уровню -1 дБ и 75 – 100 МГц по уровню -2 дБ. Тонкой сплошной линией изображена зависимость КУ от частоты для антенны составленной из одинаковых рассеивателей, но оптимизация проводилась по полосе частот 200 МГц (2,42 ГГц – 2,62 ГГц). Жирная сплошная линия соответствует решетке, составленной из рассеивателей обоих типов (рис. 4), её оптимизация проводилась также для полосы частот 2,42 ГГц – 2,62 ГГц. Очевидно, что использование двух типов рассеивателей значительно (на 2–4 дБ) увеличивает КУ антенны в полосе частот 200 МГц, по сравнению с КУ антенны, составленной из рассеивателей одного типа. Также нужно заметить, что спадание КУ модернизированной антенны по сравнению с максимальными КУ антенны из одноразмерных рассеивателей, при оптимизации на одной частоте, не является критическим (1–1,5 дБ).

[1] Мэинваринг А., Умнов А.Л., Шуралев М.О., Ельцов А.Ю. //Изв. вузов. Радиофизика. 2010. Т. 53, № 8. С. 504.

## УПРАВЛЯЕМЫЙ ОБЛУЧАТЕЛЬ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

А.Л. Умнов, М.О. Шуралев

*Нижегородский госуниверситет*

Для получения высоких коэффициентов усиления антенн необходима апертура больших электрических размеров, при этом управление диаграммой направленности значительно усложняется. Одним из возможных подходов является механическое управление, например, вращение всей антенны вокруг некоторой оси. Недостатками такого решения являются следующие факторы: механическое управление антенной значительно увеличивает энергопотребление и стоимость системы, точное позиционирование антенны и диаграммы направленности в таком случае также крайне сложны. Другой подход, состоит в том, что небольшое смещение облучателя из фокуса параболической антенны в вертикальной плоскости приводит к соответствующему отклонению главного луча диаграммы направленности. При этом такое смещение приводит к уменьшению КУ антенны, поскольку облучатель уже находится не в фокусе параболического зеркала – оптимальной точке. Следующее решение заключается в том, что рядом с облучателем большого зеркала ставится отражатель, свойствами которого можно управлять, развитие этой идеи состояло в замене стандартного облучателя переключаемым. Два рассеивателя со встроенными рип-диодами помещались сверху и снизу активного элемента, управление диаграммой направленности в вертикальной плоскости осуществлялось вариацией состояний диодов. Большинство работ, связанных с управлением диаграммой направленности, решали только задачу управления, при этом вопросы снижения энергопотребления, сохранения коэффициента усиления практически не изучались.

Рассмотренная в [1] антенна при размерах  $100 \times 60$  см, соответствующих параболической антенне с коэффициентом усиления 24 дБи, имеет максимальный коэффициент усиления 21,5 дБи, диаграммой направленности можно управлять в азимутальной плоскости в пределах от  $+60^\circ$  до  $-60^\circ$  и по углу места от  $+15^\circ$  до  $-15^\circ$ . Однако в большинстве случаев такой широкий диапазон управления не требуется, а необходимость управления большим количеством (до 500) рассеивателей не всегда позволяет реализовать устройство управления (и оптимизации) на простой элементной базе.

В результате исследования оказалось, что рассеиватели, описанные в [1], могут быть использованы для создания более простой системы управления диаграммой направленности антенны. Для этого 13 рассеивателей размещались особым образом в пространстве вокруг облучателя стандартной параболической антенны. Схема размещения рассеивателей изображена на рис. 1 (вид сверху). Рассеиватели смонтированы на выполненном из текстолита держателе, по которому проведены 14 линий управления 13 рассеивателями (13 сигнальных и 1 заземленная). Управляемые элементы разделены расстоя-

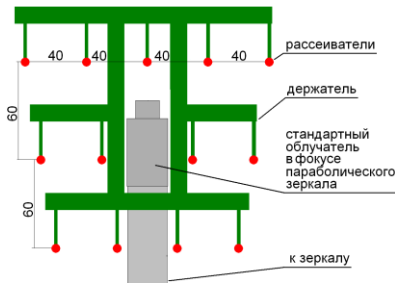


Рис. 1

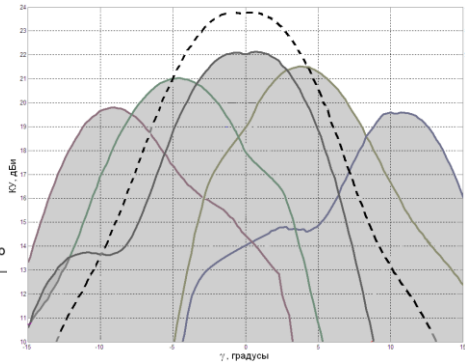


Рис. 2

нием 40 мм и образуют решетку, состоящую из 3 слоев на расстоянии 60 мм между ними.

На рис. 2 пунктиром изображена диаграмма направленности параболической антенны 24 дБи, она используется как референсная. Сплошными кривыми изображены диаграммы направленности той же самой антенны, но вокруг облучателя которой размещены рассеиватели по схеме рис. 1. Распределение напряжений на 13 рассеивателях, окружающих облучатель, оптимизировалось таким образом, чтобы сформировать максимум диаграммы направленности антенны в направлениях  $-10^\circ$ ,  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ . Видно, что максимальный коэффициент усиления антенны с модифицированным облучателем ниже, чем оригинальной антенны, примерно на 2 дБ, но в направлениях максимального отклонения  $\pm 10^\circ$  КУ антенны на 6 дБ (в 4 раза) выше, чем неуправляемой антенны, и на 4 дБ ниже максимального КУ (24 дБ). Таким образом, эффективную диаграмму направленности полученной антенны можно представить закрашенной областью на рис. 2, в диапазоне от  $-10^\circ$  до  $+10^\circ$  КУ антенны с модифицированным облучателем колеблется от 20 до 22 дБ.

Использование такой конструкции может быть оправдано в случаях, когда необходимо обеспечить недорогой способ управления диаграммой направленности параболической антенны в диапазоне не больше  $20^\circ$ .

[1] Mainwaring A., Умнов А.Л., Шуралев М.О., Ельцов А.Ю. //Письма в ЖТФ. 2011. Т. 37, вып. 4. С. 68.

## РАСПОЗНАВАНИЕ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ЗРАЧКА ДЛЯ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗА

Д.А. Ильина

ООО «Друг – М»

Диагностику и оценку функционального и психоэмоционального состояния человека можно проводить, отслеживая движения глаз. С целью детектирования траектории движения глаза создается специальный программно-аппаратный комплекс, одной из задач которого является распознавание радужной оболочки глаза (РО) и определение центра зрачка [1]. Для решения поставленной задачи проводилась серия экспериментов, в ходе которых была получена видеозапись движения глаз испытуемого при рассматривании тестового изображения. Полученная видеопоследовательность разбивалась на кадры, после чего было необходимо провести обработку каждого кадра с изображением глаза, как то:

- выделение внешней границы РО;
- геометрические преобразования выделенной границы РО;
- вычисление центра зрачка.

При выделении границы РО можно столкнуться с проблемами, приводящими к ее некорректной идентификации. Это обусловлено такими факторами, как:

- разные условия освещения при проведении экспериментов;
- ресницы, веки, прикрывающие РО;
- дефекты зрачка;
- блики на РО;
- движение головой, моргание, неточное позиционирование головы;
- линзы, очки и т.п.

Так как алгоритм должен учитывать условия, описанные выше, то было предложено собственное решение выделения РО. Главная идея такого алгоритма заключается в том, что РО может быть описана простыми геометрическими фигурами: круг (вид спереди) либо эллипс (в другом случае).

На первом шаге алгоритма происходит предобработка изображения глаза с помощью фильтра Собеля для выделения границ [2]. В результате применения оператора Собеля получается монохромное изображение, где в каждой точке определен либо вектор градиента яркости, либо его норма. Далее изображение поступает на следующий этап обработки, где происходит геометрическое преобразование выделенной границы РО с помощью преобразования Хафа [3, 4].

Преобразование Хафа предназначено для поиска объектов, принадлежащих определённому классу фигур (в нашем случае это круг и эллипс) с использованием процедуры «голосования». Процедура «голосования» применяется к пространству параметров, из которого и получают объекты определённого класса фигур по локальному максимуму в так называемом накопительном пространстве (accumulator space) которое строится при вычислении трансформации Хафа. После использова-

ния метода Хафа можно определить цент зрачка, применив математические операции вычисления центра эллипса или круга [3, 4].

Предложенный подход локализации внешней границы РО дает возможность с субпиксельной точностью определять центр зрачка, что в свою очередь позволяет строить траекторию движения глаз испытуемого и оценивать характеристики движения его глаз. За счет этого можно реализовать простой механизм диагностики функционального и психоэмоционального состояния человека по движению глаз на различных устройствах (ПК, ноутбук, нетбук, мобильные устройства) с помощью фронтальной камеры, которая отслеживает движение глаз пользователя и анализирует распределение внимания.

- [1] Ballard D. H., Brown C.M. Computer Vision. – US, New Jersey: Prentice Hall, 1982, 523 p.
- [2] Engel K. Real-time volume graphics. – US, Massachusetts: A K Peters, LTD, 2006. P.112.
- [3] Duda R.O., Hart P.E. //Comm. of the ACM. 1972. V.15, Iss.1. P.11.
- [4] Computer Vision IT412. Lecture 6. The Hough Transform by Robyn Owens: [http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL\\_COPIES/OWENS/LECT6/node3.html](http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/OWENS/LECT6/node3.html).

## **АДАПТАЦИЯ АЛГОРИТМА НЕЛОКАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОТ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Б.П. Васильев, С.Л. Хмельёв**

*Нижегородский госуниверситет*

В настоящее время существует множество методов фильтрации изображений от стохастического шума. Среди них можно выделить две основные категории – быстрые, использующие усреднение по ближайшим точкам, и более точные, использующие статистические характеристики изображения. Долгое время самым точным считался метод минимизации совокупной дисперсии. В 2005 г. был предложен метод, позволяющий более точно восстанавливать изображения на основе нелокального усреднения пикселей, имеющих идентичные наборы пикселей в своей окрестности, получивший название нелокальной фильтрации [1]. Однако проблемой этого метода остаётся его требовательность к ресурсам. Целью данной работы является оптимизация алгоритма нелокальной фильтрации для его использования на малоомощных вычислительных устройствах.

Рассмотрим принцип нелокальной фильтрации. Пусть  $v(i)$  и  $u(i)$  – исходное зашумлённое и оригинальное изображения соответственно,  $i$  – индекс пикселя. Значения пикселей восстановленного изображения могут быть получены как взвешенная сумма всех серых значений на изображении (определённых на множестве  $J$ ):

$$NL(v)(i) = \sum_{j \in N_i} |v_i - v_j|, \quad (1)$$

где  $NL(v)(i)$  – оценка значения пикселя  $i$ , веса выражают величину идентичности между окрестностями каждой пары пикселей:

$$W(i, j) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v_i - v_j)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где  $Z(i)$  – нормировочный множитель,  $Z(i) = \sum_j W(i, j)$ , и  $h$  – параметр чувствительности. В приведённом равенстве  $v(N_i)$  – вектор значений пикселей в окрестности  $i$ -го пикселя,  $v(N_i) = (v_j)_{j \in N_i}$ , где  $N_i$  окрестность  $i$ -го пикселя, обычно квадратная предопределённого размера вокруг  $i$ -го пикселя. Норма вектора в уравнении (2) – это разность в евклидовом пространстве, взвешенная гауссианом с нулевым средним и дисперсией  $\sigma^2$  [1].

Для изображения, состоящего из  $M$  пикселей, для каждого пикселя необходимо сосчитать  $M$  весовых коэффициентов. Для фильтрации всего изображения требуется вычисление  $M^2$  весовых коэффициентов, что делает алгоритм нелокальной фильтрации неэффективным и непригодным для практического применения. Сокращение общего количества вычисляемых весов заведомо неидентичных окрестностей с ожидаемо малыми весами является важной задачей для решения проблемы высокой сложности алгоритма нелокальной фильтрации. Такое сокращение усредняемых пикселей может также повысить качество фильтрации за счёт исключения из усреднения пикселей с несоответствующими окрестностями, но имеющими пусть и малые, но не нулевые веса ввиду наличия стохастической составляющей в значениях пикселей изображения.

В [2] М. Махмуди и Г. Сапиро был предложен метод оптимизации алгоритма нелокальной фильтрации, заключающийся в предклассификации множества сэмплов изображения (окрестностей пикселей) по таким статистическим параметрам, как среднее значение сэмпла и среднее направление градиента. Сэмплы с малым значением градиента не дают применимого на практике значения направления градиента, и их приходится исключать из предклассификации и проверять каждый раз для всех искомым пикселей. Тем не менее, при реализации этого метода нами было достигнуто десятикратное ускорение процесса фильтрации по отношению к оригинальному алгоритму.

В [3] Т. Брокс, О. Клейншмидт и Д. Кремерс для ускорения алгоритма нелокальной фильтрации изображений предложили использовать предварительную классификацию сэмплов с использованием иерархической структуры – дерева. Дерево строится в многомерном пространстве значений, называемом kd-пространством, в котором координаты одной точки составляют значения всех пикселей в окрестности соответствующего данной точке пикселя.

Наша реализация такого подхода выявила его высокую эффективность с точки зрения ускорения алгоритма. Получены сравнительные зависимости (рис. 1) времени обработки изображения от влияющего на скорость и качество фильтрации параметра

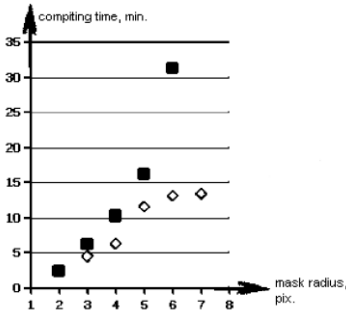


Рис.1. Зависимость времени обработки тестового изображения от радиуса маски верификации сэмплов. Чёрные квадраты – оригинальный алгоритм, полые ромбы – алгоритм на базе kd-дерева.

нелокальной фильтрации занимает сравнение сэмплов с малой дисперсией, поэтому возможно дальнейшее ускорение алгоритма при введении упрощённой процедуры

(размера окрестности сравнения) для оригинального метода и для оптимизированного с использованием kd-дерева. Результаты сравнения позволяют сделать вывод о возможном существенном сокращении времени работы алгоритма при фильтрации изображения с использованием kd-деревьев при больших размерах окрестности сравнения (радиусом от 4х пикселей).

В ходе тестирования оптимизированного алгоритма нелокальной фильтрации также были получены проекции kd-образов, соответствующих естественным изображениям, одна из которых приведена на рис. 2. Анализ kd-образов показал, что существует возможность дальнейшего ускорения алгоритма при предварительном повороте всего kd-образа изображения на 45°. Выяснено, что наибольшую часть вычислительного времени алгоритма

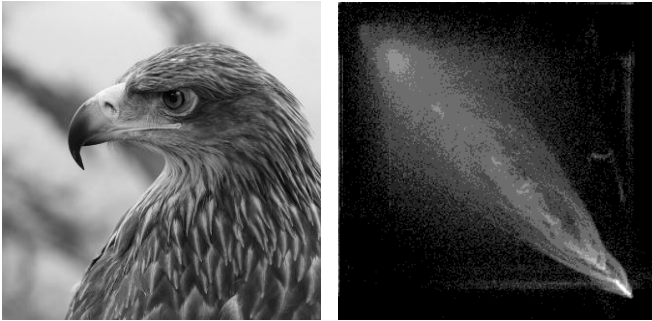


Рис. 2. Исходное изображение (слева) и двумерная проекция его kd-образа в логарифмическом масштабе (справа).

сравнения сэмплов с малой дисперсией с использованием предварительной низкочастотной фильтрации.

- [2] Buades A., Coll B., Morel J.M. //SIAM Interdisciplinary J. 2005 V.4, No.2. P.490.
- [3] Mahmoudi M., Sapiro G. //Signal Proc. Let. 2005. V.12, No.12. P. 839.
- [4] Kleinschmidt O., Brox T., Cremers D. //IEEE Trans. on Image Proc. 2008. V.17, No.7. P.1083.



## ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА В ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЯХ СКОРОСТИ

Д.С. Потехин, А.В. Станюш

*Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева*

Лазерные измерительные системы (ЛИС) – наиболее точные и эффективные средства для контроля и учёта потоков жидкости или газа. Наиболее распространённым методом, применяемым для обработки доплеровского сигнала, является спектральный Фурье-анализ. Однако данный метод не обеспечивает допустимых значений погрешности оценки доплеровской частоты. Кроме того, Фурье-базис анализирующих функций не является оптимальным для одновременного оценивания нескольких параметров сигнала (доплеровская частота, эффективная длительность, момент появления и др.). Более подходящим для такого анализа представляется базис вейвлет-функций, хорошо коррелирующих с моделями сигналов лазерных измерителей.

Непрерывное вейвлет-преобразование задается соотношением:

$$W_{\psi^a}(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt,$$

где  $s(t)$  – исследуемый сигнал,  $\psi(t)$  – материнский вейвлет,  $a$  – масштабный коэффициент,  $b$  – параметр временного сдвига.

Результатом вейвлет-преобразования является функция двух аргументов  $W_{\psi^a}(a, b)$  – частотно-временной спектр сигнала, представляющий собой взаимокорреляционный интеграл ЛДА-сигнала  $s(t)$  и вейвлета  $\psi(t)$ , сдвинутого на  $b$  и растянутого (сжатого) в  $a$  раз.

Выбор аналитической функции (вейвлет-базиса) обуславливает характер вейвлет-спектра сигнала, т.е. локализационные способности вейвлет-анализа. Для оценки параметров сигнала ЛДА надо использовать вейвлет Морле с хорошей частотно-временной локализацией:

$$\psi(t) = \exp\left(ik_0t - \frac{t^2}{2}\right),$$

здесь  $i$  – мнимая единица,  $k_0$  – частотный параметр.

Полосовой фильтр можно получить по аналогии с получением его в аналоговой форме непосредственным суммированием вейвлет-функций Морле с требуемыми спектральными характеристиками. Были получены АЧХ фильтров: а) фильтр, синтезированный с помощью вейвлет-функций, б) фильтр, синтезированный в пакете FDATool MatLab.

Фильтры имеют одинаковый порядок 127 и имеют 18-и разрядные коэффициенты. Разрядность выбрана с учетом реализации этих фильтров в ПЛИС фирмы Xilinx, которые имеют встроенный умножитель 18x18. Как видно из рисунка, наименьший уровень подавления в полосе заграждения для «стандартного» фильтра

–50 дБ (кривая *б* на рис.), а для фильтра, представленного на рисунке кривой *а*, этот параметр имеет величину –120 дБ.

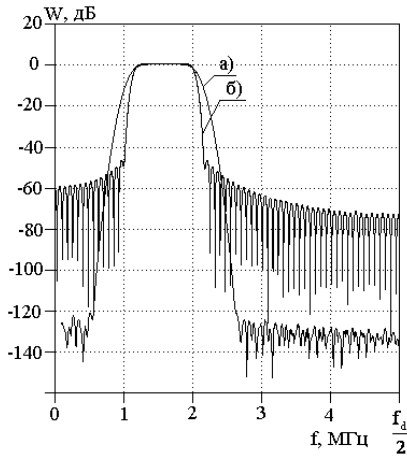


Рис.

Средний квадрат отклонений амплитуды в полосе пропускания равен 0,001, а средний квадрат отклонений фазы в полосе заграждения не превышает  $3 \cdot 10^{-8}$  рад.

Полосовой фильтр «унаследовал» все основные черты вейвлет-функции Морле, а именно: отсутствие эффекта Гиббса и нечувствительность к наличию постоянного смещения в сигнале и ортогональность [1, 2]. Фильтр имеет линейную фазовую и амплитудную характеристики, с помощью которых можно обеспечить высокую точность восстановления аналитического сигнала в требуемом диапазоне частот.

[1] Астафьева Н.М. // УФН. 1996. Т.166, № 11. С.1145.

[2] Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е изд. /Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004, 992 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИВНЫХ АНТЕНН В УСЛОВИЯХ МНОГОЛУЧЕВОГО КАНАЛА СВЯЗИ

М.А. Сорокин, И.Г. Лебедев, А.Ю. Ельцов

*Нижегородский госуниверситет*

В настоящее время широкое распространение получили технологии беспроводных локальных компьютерных сетей. Наиболее известная из них – технология WiFi (стандарт IEEE 802.11 [1]). Основным её недостатком является низкая мощность передающих устройств и, как результат этого ограничения, – малый радиус покрытия сети (100–300 метров на открытых пространствах и несколько десятков метров

в помещениях при наличии капитальных перегородок). Одним из определяющих факторов является многолучевость канала (рис. 1) – главная проблема построения систем радиосвязи СВЧ диапазона.

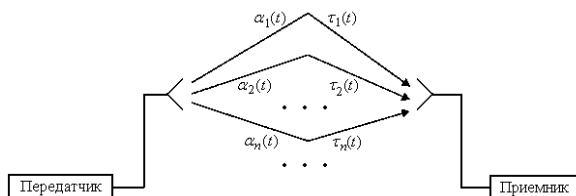


Рис. 1. Многолучевой канал.

В условиях офисного помещения всегда присутствует множество переотражений сигнала, сложение которых на приемной стороне может значительно исказить сигнал.

Ситуация с многолучевым приемом усугубляется в отсутствии прямого луча. В таком случае приходится оптимальным образом суммировать сигналы с разной фазой. Одно из решений проблемы – использование антенн с изменяемой диаграммой направленности для подавления отраженных лучей или изменения их фазы. Подобный эффект достигается благодаря использованию в антенне пассивных рассеивателей.

В данном исследовании применялись два прототипа антенн – цилиндрическая 14-ти элементная и с плоской поверхностью отражателей 500 элементная. [2] Исследование проводилось в несколько этапов:

- проведение моделирования двулучевого канала в безэховой камере (рис. 2);
- исследование влияния отраженного луча на характеристики сети передачи данных WiFi;
- проведение экспериментов по формированию диаграмм направленности для двух прототипов адаптивных антенн в смоделированном канале и проверка эффективности их применения.

Эксперименты проводились в антенной

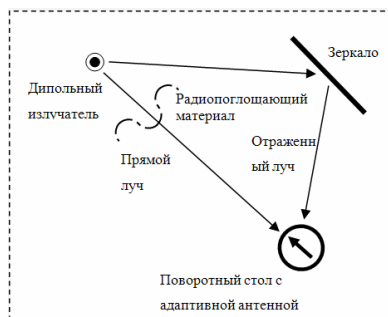


Рис. 2. Схема эксперимента.

безэховой камере, для моделирования отраженного луча использовалась металлическая поверхность. Было проведено два набора экспериментов: оптимизации по коэффициенту прохождения канала и по RSSI (Radio Signal Strength Indicator) – индикатору уровня радиосигнала [3].

В первом случае (рис. 3) при улучшении коэффициента прохождения ухудшался RSSI для всех рассмотренных положений зеркала. В полученную диаграмму направленности (ДН) попадали и прямой, и отраженный лучи. В случае оптимизации по RSSI (рис. 4) в направлении антенны формировался минимум. При этом показатель RSSI возрастал относительно приема без зеркала, что в некоторых случаях приводило к увеличению скорости передачи данных.

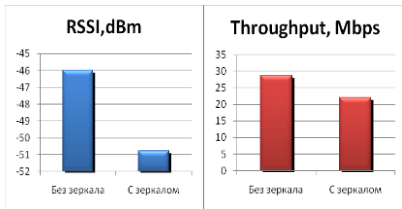


Рис. 3. Оптимизация ДН по амплитудному коэффициенту передачи.

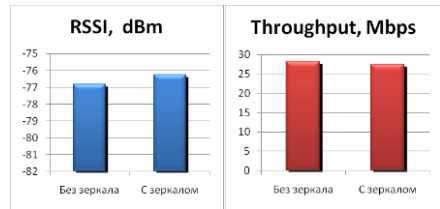


Рис. 4. Оптимизация ДН по показателю качества сигнала RSSI.

С 500-дипольной антенной были получены аналогичные результаты. Диаграммы, отображающие выигрыш в качестве сигнала, приведены на рис.3, 4.

Подводя итоги, можно сказать, что адаптивная антенна может быть использована для подавления эффектов многолучевости и улучшения качества связи в подобных каналах. В ходе дальнейшего исследования было установлено, что ухудшение характеристик сети проявляется только для режима 802.11g, который характеризуется применением модуляции OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing – ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием). Этот тип модуляции чувствителен к частотной избирательности канала, которая может возникнуть при оптимизации диаграммы направленности с использованием гармонического сигнала сетевого анализатора. Для режима 802.11b, использующего расширение спектра методом прямой последовательности DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum – широкополосная модуляция с прямым расширением спектра), данный эффект не проявился ввиду меньшей его чувствительности к частотной характеристике канала.

- [1] ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition (R 2003). – New York: The IEEE Inc., 2003, 513 p.
- [2] Ильина Д.А., Умнов А.Л., Филимонов В.А., Шуралев М.О. //В кн. Тр. XI-й научн. конф. по радиофизике. 7 мая 2007 г. /Ред. А.В.Якимов. –Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. С.240.
- [3] Ельцов А.Ю. // В кн. Тр. XI-й научн. конф. по радиофизике. 7 мая 2007 г. /Ред. А.В.Якимов. –Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. С.239.

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ АВТОРСКИХ ПРАВ НА МУЛЬТИМЕДИА КОНТЕНТ

С.В. Иванов

*Нижегородский госуниверситет*

В настоящем докладе приведен обзор существующих решений, реализующих защиту авторских прав в цифровых мультимедиа системах, а также предложены

идеи, на основании которых планируется разработать техническое средство защиты авторских прав в операционных системах Linux.

Content Scramble System стала первой технологией защиты DVD-дисков от копирования [1]. Каждый производитель лицензировал свой ключ DVD-проигрывателя для использования в своих устройствах у DVD Copy Control Association. Каждый DVD-диск, защищенный Content Scramble System, содержал ключ диска, который расшифровывался с помощью ключа данного DVD-проигрывателя, после чего можно было расшифровать всю остальную информацию на диске. Ключи записывались в lead-in области диска, чтобы сделать невозможным их непосредственное копирование. В 1999 г. Йон Лех Йохансен опубликовал программу DeCSS, позволявшую расшифровывать и воспроизводить DVD-диски, защищенные CSS, в операционной системе Linux, для которой ключи проигрывателей не были лицензированы. Позже была найдена уязвимость, которая позволяла взломать защиту методом полного перебора на любом компьютере, мощность которого была достаточна для воспроизведения DVD.

Существуют также «Региональная защита DVD», которая является техническим средством защиты авторских прав, позволяющим регулировать продажу DVD, HD DVD и Blu-Ray дисков в различных регионах мира [2]. Система призвана решить проблему распространения дисков в странах, где премьера фильма еще не закончилась, и он ещё не вышел на оптических носителях. Однако не во всех странах такая защита разрешена. В Австралии и Новой Зеландии, например, запрещена продажа DVD-проигрывателей, ограничивающих воспроизведение дисков каким-либо регионом.

Система Advanced Access Content System (AACSS) является техническим средством защиты авторских прав, используемым для HD DVD и Blu-ray дисков [3]. Она была принята 5 июня 2009 г. консорциумом AACSS Licensing Administrator, включающим Disney, Intel, Microsoft, Panasonic, Warner Bros., IBM, Toshiba и Sony. Система сочетает в себе различные методы, предотвращающие незаконное копирование и распространение видеоматериалов. В настоящее время AACSS взломана не полностью. 16 апреля 2007 г. ключи плееров WinDVD и PowerDVD были отозваны, поскольку ранее были опубликованы в Интернете, а соответствующие программы обновлены, однако вскоре в сети Интернет появились новые, до сих пор действующие ключи. Также был произведен аппаратный взлом привода HD DVD, используемого в Xbox 360, для частичного обхода защиты, позволяющего взлом без использования ключей устройств.

Из вышесказанного следует, что на данный момент задача защиты авторских прав на мультимедиа контент не решена в полной мере, хотя и существует большое количество программных продуктов, призванных выполнять эту задачу. А так как рынок мультимедиа контента продолжает неуклонно расти, то вопрос создания эффективной системы защиты остается открытым. Задача сводится к разработке моделей и методов защиты авторских прав в

цифровых устройствах с учетом аппаратных особенностей носителей информации и технических средств для обработки мультимедиа контента.

В настоящем докладе предложена новая система защиты авторских прав на мультимедиа контент с помощью разрабатываемой символьной и математической модели на языке программирования высокого уровня на основе стеганографических и криптологических методов [4, 5]. Она является комплексом программ, в состав которых входят 3 основных компонента.

Первый компонент – программа, реализующая запись «цифровых водяных знаков» в мультимедиа файл. Секретный ключ, необходимый для идентификации аудио- и видеопотока при воспроизведении, при записи делится на две части, первая из которых записывается в видеоряд, а вторая – в звуковую дорожку.

Вторым компонентом является видеоплеер, необходимый для воспроизведения мультимедиа файлов. В этой части реализуется аутентификация пользователя и проверяются права пользователя на просмотр данного мультимедиа контента.

Наконец, третий компонент – статический модуль ядра, который обрабатывает потоки, передаваемые видеоплеером, проверяет присутствие корректных цифровых водяных знаков, проверяет сертификат видеоплеера. В нем также будет реализована защита от копирования через так называемую «аналоговую брешь». Ее действие сводится к тому, что при воспроизведении через аналоговые выходы разрешение картинки будет заметно меньше, чем в исходном файле.

Предлагаемая модель обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими аналогами. Она может служить для защиты от незаконного воспроизведения мультимедиа контента, расположенного локально, а не на оптическом диске. Секретный ключ одновременно скрыт в аудио- и видеопотоках, что затрудняет компроментирование ключа. Система аутентификации пользователей позволит дать доступ с различных устройств к одному мультимедиа файлу, а также реализовать ограничение на количество просмотров и т.д.

Таким образом, данная разработка является перспективной.

- [1] <http://anovichkov.msk.ru/?p=396>.
- [2] Barry M. Cryptography in Home Entertainment. A look at content scrambling in DVDs: <http://www.math.ucsd.edu/~crypto/Projects/MarkBarry/index.htm>.
- [3] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa376846%28VS.85%29.aspx>.
- [4] Исаев А.Б. Современные технические методы и средства защиты информации: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008, 253 с.
- [5] Молдовян А.А., Молдовян Н.А., Советов Б.Я. Криптография. – СПб: Изд-во Лань, 2001, 224 с.

## **МОБИЛЬНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ПРИСУТСТВИЯ МИКРОПРИМЕСЕЙ В ВОЗДУХЕ, ПОСТРОЕННЫЕ НА ОСНОВЕ АКУСТОЭЛЕКТРОННЫХ СВЧ СИСТЕМ**

**М.А. Соколов, А.Л. Умнов**

*Нижегородский госуниверситет*

Решение задачи измерения концентрации микропримесей, находящихся в воздухе важно как для создания распределенных сетей мониторинга загрязнения атмосферы на больших территориях, так и для обнаружения специфических веществ на локальном объекте и даже в конкретной зоне. В качестве очевидных примеров использования подобных измерительных систем можно привести составление карты загрязнения городского воздуха выхлопными газами, раннее предупреждение о возникновении возгорания, обнаружение взрывчатых и отравляющих веществ на пунктах контроля пассажиров общественного транспорта и т.п.

В последнее время появляется все больший интерес к разработке измерительных приборов, в которых используются резонаторы на поверхностных и объемных акустических волнах [1, 2]. Использование в приборе специфического чувствительного элемента – резонатора на поверхностных или объемных акустических волнах – дает уникальную возможность регистрации присутствия крайне малых количеств примесей при одновременной миниатюризации прибора и минимизации его энергопотребления при относительной простоте и технологичности его конструкции. Это, в свою очередь, позволит в дальнейшем встраивать прибор в мобильные объекты, а также создавать масштабные распределенные сети датчиков.

Конструкция резонаторов такова, что их собственные частоты зависят от массы оседающих на их поверхности частиц. Особый интерес представляют резонаторы, построенные с использованием объемных акустических волн. Изготовление таких резонаторов стало возможно лишь в последние годы. Они позволяют добиться рекордных показателей чувствительности к оседающим на них микрочастицам, имеют миниатюрные размеры и могут быть изготовлены в едином технологическом процессе со схемой на кремниевом кристалле. Изменение частоты резонатора является функцией концентрации частиц измеряемого регистрируемого вещества, присутствующего в воздухе. Настройка на тип частиц, оседающих на поверхности резонатора, обеспечивается специальной подготовкой его поверхности и/или наличием у поверхности специальных фильтрующих устройств. Измерение частоты резонатора производится специальной схемой, входящей в состав прибора.

В настоящее время существует лабораторная действующая модель измерительной системы, созданная в рамках совместного проекта Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, компании Интел и университета г. Беркли (США). Радиоэлектронная часть измерительной системы может работать с различными типами акустоэлектронных датчиков, в том числе с разрабатываемыми группой университета г. Беркли (реагирующими на присутствие в атмосферном воздухе частиц сажи строго определенных размеров).

Электронная схема датчика состоит из преобразователя частоты, аналого-цифрового преобразователя и блока цифровой обработки сигнала. Такая реализация обеспечивает простоту и универсальность и пригодна для работы практически с любым чувствительным элементом. Низкочастотный сигнал промежуточной частоты подается на АЦП, цифровые данные с которого передаются в микропроцессор, где и определяется частота сигнала.

Цифровая часть устройства измерения частоты построена на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и выполняет следующие основные функции:

- управление устройствами ВЧ тракта;
- получение и обработка измерительных данных;
- передача результатов измерений системам более высокого уровня.

Применение ПЛИС позволяет построить систему измерения частоты в реальном времени с низким энергопотреблением. Данная система может функционировать как в непрерывном режиме, так и проводить измерения периодически с целью экономии потребляемой мощности. Из оцифрованного входного сигнала в реальном времени с помощью алгоритмов цифровой обработки сигналов выделяются данные о текущей частоте входного сигнала и/или ее изменении. Благодаря наличию достаточного количества вычислительных ресурсов и встроенной памяти имеется возможность применения сложных алгоритмов обработки данных, что в свою очередь позволяет достигнуть высокой точности измерений при небольшом размере устройства. После обработки результаты обработки передаются системам более высокого уровня с помощью стандартных цифровых интерфейсов, включая беспроводные интерфейсы. Таким образом, возможна как интеграция датчика в уже существующие стационарные либо портативные устройства, так и в распределенные системы сбора данных.

Предварительные оценки и испытания показывают, что такой датчик способен работать от аккумулятора сотового телефона (~4 В). Высокочастотная часть датчика может быть реализована на современных недорогих микросхемах, размеры печатной платы 4x5 см, потребляемый ток 120 мА. Схема отличается высокой надежностью, малым весом. Ожидаемая точность измерения частоты чувствительного элемента не хуже 5–10 Гц при опорной частоте сигнала 600 МГц, что обеспечивает регистрацию частиц с концентрацией от 10 мкг/м<sup>3</sup>.

[1] Paprotny I., Doering F., White R.M. //Proc. of IEEE Conference on Sensors. 2010. P.2435.

[2] Johnston M. L., Kymissis I., Shepard K. L. // IEEE Sensors J. 2010. V.10, No.6. P.1042.

## **ПЛАТФОРМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ**

**С.И. Леонтьев, А.А. Кирушин**

*Нижегородский госуниверситет*

Мобильные геоинформационные сервисы – программные комплексы, предназначенные для предоставления с помощью мобильных устройств (телефонов или смартфонов) информации, связанной с различными географическими объектами.



На сегодняшний день существуют несколько крупных глобальных мобильных геосервисов (Google Maps, Яндекс Карты, Facebook Places), в основе которых лежат глобальные спутниковые снимки. Данные сервисы позволяют пользователям получать геопривязанную информацию в масштабе стран, городов и улиц. Сейчас возникает интерес [1] к созданию геосервисов, предоставляющих локальную информацию о таких объектах, как выставочные центры, музеи, торговые центры, туристические достопримечательности и т.д. Основой для таких систем являются интерактивные планы помещений и карты территорий. Уже существующие локальные геосервисы [2, 3] разработаны только для определенных типов объектов, например, для торговых центров. Целью настоящей работы была создание универсальной программной платформы, позволяющей сократить время и усилия при разработке геосервисов для различных локальных объектов.

При этом учитывались следующие требования: необходимость отображения на клиентском устройстве интерактивных карт и планов, текста, форм для ввода информации, телефонов, web-ссылок, необходимость работы с GPS, возможность разделения онлайн и офлайн составляющих для обеспечения экономии мобильного трафика.

В основу платформы легла клиент-серверная архитектура с реализацией «тонкого» клиента на мобильном устройстве. С сервера в данном случае передаются не только геопривязанные данные, но и описания экранов приложения. Для описания элементов экрана использовался язык разметки XML. Клиентское приложение содержит XML-обработчик описаний экранов и генератор пользовательского интерфейса, адаптированный к каждой мобильной платформе индивидуально. Преимуществами данного подхода являются простота расширяемости, простота комбинирования информации, загружаемой с сервера и информации, хранимой в приложении, а также сравнительная легкость изменения структуры передаваемых данных без необходимости больших изменения на клиентской стороне. Для экономии трафика и удобства навигации в приложении была реализована возможность кэширования подходящих с сервера описаний экранов в мобильном приложении.

Клиентские приложения были реализованы для следующих мобильных платформ: Android, iOS и Java 2 ME. Также реализовано представление информации, хранящейся в системе в виде мобильного сайта.

Важным элементом разработанной платформы являются программные компоненты, предназначенные для генерации и отображения интерактивных планов помещений. Интерактивные планы состоят из двух слоев: тайлового растрового слоя с изображениями и векторного слоя, содержащего описание активных областей. Для работы с интерактивными картами в мобильных приложениях была использована специализированная библиотека от компании Nutiteq, для представления интерактивных карт в HTML формате была разработана специальная библиотека, реализованная в виде плагина для фреймворка Ruby on Rails. Данная библиотека позволяет для произвольного исходного плана или карты в растровом формате сгенерировать набор тайлов для различных коэффициентов масштабирования. При запросе с указанием пиксельных координат центра требуемой области, размера области и масштаба пиксель-

ные координаты пересчитываются в тайловые, выбираются необходимые тайлы и из их фрагментов генерируется конечный участок плана.

В серверной части платформы использовался подход «модель/представление/контроллер», при котором контроллер отвечает за обработку пользовательского запроса, при необходимости вызывая модель для работы с базой данных, а представление отвечает за формирование клиентского представления данных.

Создание локального геосервиса с помощью разработанной платформы состоит из следующих этапов:

1) Разработка схемы данных с использованием высокоуровневого языка (ruby, python, scala, ...).

2) Описание экранов с помощью специального XML формата.

3) Ввод данных в систему.

4) Автоматическая генерация офлайн экранов.

5) Размещение файлов с офлайн экранами в пакетах с мобильными приложениями.

Экономия времени и усилий при создании мобильных геосервисов достигается за счет отсутствия необходимости разработки мобильных приложений (достаточно разместить набор экранов в готовых приложениях), а также за счет простоты добавления в существующий сервис новых функций.

[1] Context-Aware Mobile and Ubiquitous Computing for Enhanced Usability: Adaptive Technologies and Applications/ Ed. by Dragan Stojanovic. – Portland: Book News Inc., 2009, 432 p.

[2] <http://www.micello.com>

[3] <http://www.fastmall.com>

## ЭРГОНОМИЧНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ И АДМИНИСТРАТОРА С ГЕОСОЦИАЛЬНЫМИ СЕРВИСАМИ

Д.А. Беспалов<sup>1)</sup>, Г.А. Серебряков<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>ООО «Друз –М»

<sup>2)</sup>Нижегородский госуниверситет

Информация – один из ценнейших ресурсов в деятельности любого современного человека. Однако представление об удобстве формы получения информации зависит от интересов и особенностей характера отдельного пользователя, поэтому возникает задача создания такой системы, которая сможет адаптировать информационное поле (Интернет-источники, бумажные документы, персональный мультимедиа контент) под нужды каждого конкретного человека.

Кроме того, как личность пользователя, так и внешние условия накладывают свои ограничения на ценность доступной информации. К сожалению, все существующие инструменты поиска и каталогизации информации эти аспекты не учитывают или учи-

тывают в минимальной степени. В то же время это может существенно улучшить релевантность результатов поиска ожиданиям пользователя.

Современные сервисы агрегирования данных и разметки их метайнформацией, работающие в рамках концепции Web 2.0 [1] и имеющие возможность персонализации информации, обладают следующими недостатками: пользователь вынужден оставаться в рамках, заложенных создателем контента (semantic web, rss [2, 3]); добавление метайнформации к уже существующей информации крайне затруднено в связи с её объёмом (semantic web); пользователь не может добавлять свою собственную информацию, редактировать и комментировать контент (rss).

После проведенного анализа существующих решений были определены требования и подходы к разрабатываемой информационной системе и её контенту, позволяющие решить поставленные задачи:

- разбиение информации на информационные ядра;
- установление связей между ними;
- окружение информационных ядер информационными оболочками переменной структуры и содержания;
- возможность окружать информационные ядра других пользователей своей информационной оболочкой;
- создание редакторского контента в качестве ядер для кристаллизации персональной информации;
- отказ от дублирования информации □ подключение внешних информационных ресурсов;
- экспертный отбор информации;
- размещение в каталогах отобранных информационных ресурсов;
- классификация информации по географической координате и дате.

Предлагаемый в докладе программный продукт лишён многих из перечисленных выше недостатков. Каждый пользователь разрабатываемого комплекса будет иметь возможность сам размечать необходимую ему информацию соответствующей метайнформацией. Соответственно одни и те же данные могут быть помечены разными пользователями по-разному, однако существует возможность получения доступа и к чужой разметке. Информационная система ориентирована на пространственно-привязанный контент и обладает следующими свойствами:

- доступ с любого устройства в адаптированном виде;
- размеченность информации метаданными, характерными для пользователей;
- гибкая структура каталогов, которую формирует сам пользователь;
- эффективная система поиска;
- онлайн и офлайн доступ к информации.

Требование кроссплатформенности разрабатываемого приложения с одной стороны, и ресурсоёмкость поисковых технологий с другой, а также подразумеваемая масштабируемость решения, определили основной язык разработки C++. Графический интерфейс пользователя реализован с использованием фреймворка Qt 4.6.3 [4].

Для управления контентом сервиса разработан специальный редактор (см. рис.), с помощью которого достаточно легко добавлять и редактировать метайн-

формацию. В редактор встроены дополнительные компоненты, позволяющие вести эффективный поиск информации из заранее подобранных источников.

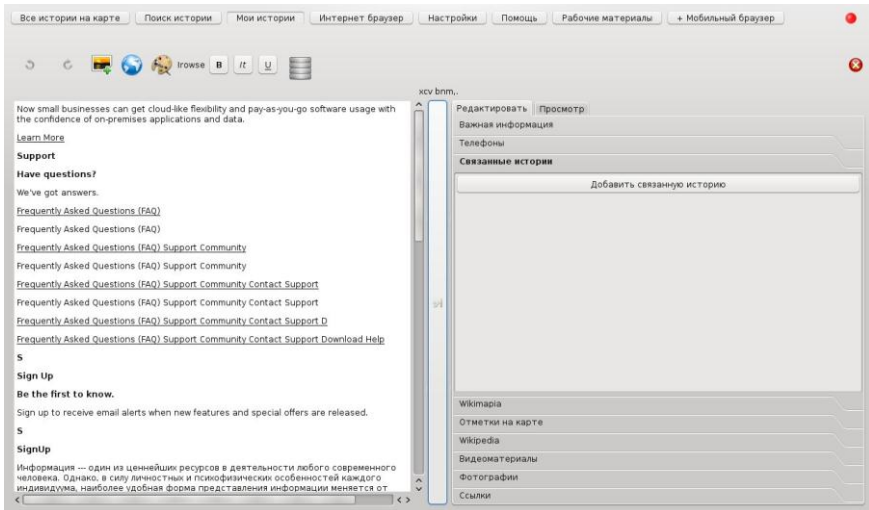


Рис. Основное окно редактора.

- [1] HTML 4.01 Specification: <http://www.w3.org/TR/html401/struct/global.html#h-7.4.4>
- [2] Semantic Web: <http://www.w3.org/standards/semanticweb/>
- [3] RSS specification: <http://web.resource.org/rss/1.0/spec>
- [4] Qt 4.6 documentation: <http://doc.qt.nokia.com/4.6/index.html>