

Труды XX научной конференции по радиофизике,
посвященной 110-летию со дня рождения Г.С. Горелика

Секция

«Физические основы и практическое применение технологий беспроводной связи и информационно- телекоммуникационных технологий»

*Председатель
кандидат физико-математических наук
Алексей Львович Умнов*

Заседание секции проводилось 13 мая 2016 г.
Председатель – А.Л. Умнов, секретарь – С.Б. Сурова.
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТЕОЗОНДОВ

Я.В. Качнов, В.В. Чукин

Российский государственный гидрометеорологический университет

Метеозонд – беспилотный аэростат, предназначенный для изучения атмосферы, который, как правило, состоит из резиновой оболочки, наполненной водородом или гелием, и подвешенного к ней контейнера с приборами. Приборы, находящиеся в контейнере, позволяют измерять основные метеопараметры, такие как атмосферное давление, влажность и температуру воздуха. Метеозонды могут достигать высоты 20–40 км.

В настоящее время из-за нехватки средств у Росгидромета, сокращается сеть аэрологических станций. Следовательно, становится меньше оперативной информации о состоянии тропосфера, нижнего десятикилометрового слоя атмосферы, где происходят основные погодообразующие процессы. Это сказывается на точности прогнозов погоды, для получения которых необходима информация о фактических погодных условиях. Наша задача – разработать устройство, измеряющее основные параметры атмосферы над земной поверхностью, провести его калибровку и верификацию получаемых данных.

За основу устройства был взят модуль беспроводной связи ESP-201 серии ESP8266. К нему подключен датчик температуры и влажности воздуха DHT11, датчик температуры и влажности DHT21 и датчик атмосферного давления BMP180. Модуль ESP201 осуществляет обработку информации от датчиков, а также передачу информации по беспроводному каналу связи путём коммутации с ближайшей точкой доступа WiFi и далее через глобальную компьютерную сеть Интернет передает измеренные данные на облачный сервис thingspeak.com.

Были проведены измерения временных рядов температуры, влажности воздуха и атмосферного давления. Результаты измерений устройством сопоставлены с данными синхронных измерений датчика температуры-влажности HMP45D и атмосферного давления PMT16A фирмы Vaisala, обладающих высокой точностью измерений. Точность измерений датчиками DHT21 и BMP180 оказалась сопоставима с эталонными датчиками.

В дальнейшем планируется установка созданного устройства на квадрокоптер для проведения измерений в приземном слое атмосферы.

ЦИФРОВОЙ ЛЮКСМЕТР ДЛЯ МОНИТОРИНГА АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ

О.В. Воробьева, В.В. Чукин

Российский государственный гидрометеорологический университет

Одним из самых опасных загрязняющих веществ атмосферы является аэрозоль, который оказывает большое влияние на здоровье человека, особенно на дыхательные пути. Основная проблема состоит в оперативном определении содержания аэrozолей с помощью наземных датчиков. Целью исследования является создание беспроводного датчика аэrozоля на основе микроконтроллера с использованием сенсоров солнечного излучения для определения актинометрических параметров.

Известно, что атмосферный аэrozоль значительным образом влияет на изменчивость потоков солнечного излучения, приходящего к земной поверхности и, следовательно, на глобальное изменение климата Земли, изучению которого в настоящее время уделяется большое внимание. В качестве одного из основных параметров аэrozоля, определяющих его климатический эффект, используется аэrozольная оптическая толщина (АОТ) атмосферы как наиболее информативный параметр, характеризующий содержание аэrozолей в вертикальном столбе атмосферы.

На основе данных интегральных измерений как прямой солнечной радиации (S), измеряемой актинометром, так и суммарной солнечной радиации (Q), измеряемой пиранометром, можно оценить АОТ на длине волны 0,55 мкм. В основу методики положены как классические формулы определения актинометрических параметров (склонение, высота Солнца, уравнение времени), так и эмпирические формулы [1].

Существует несколько приборов, с помощью которых можно провести оценку АОТ. Наиболее точными являются спектрофотометр Гущина М-83 и фотометр Фольца, так как производят селективные измерения на определенной длине волны. Эти приборы являются весьма дорогими, их стоимость сопоставима со стоимостью бюджетных автомобилей. Но поскольку предложенная модель позволяет провести оценку значения АОТ с использованием полученных значений S или Q , то для получения этих значений нам потребуется один из таких приборов, как компенсационный пиргелиометр Онгстрема, термоэлектрический актинометр Савинова-Янишевского, пиранометр Янишевского, люксметр. С помощью этих приборов производят интегральные измерения, которые менее точны, чем предыдущие. Их стоимость примерно на порядок ниже, чем описанных выше устройств. Поэтому и устройство на основе датчиков освещенности и микроконтроллера может стоить на несколько порядков меньше и быть проще в эксплуатации. Все используемые компоненты можно приобрести достаточно легко и по доступной цене.

Разрабатываемое устройство имеет в своем составе плату Arduino Nano на основе микроконтроллера Atmel Atmega328, плату расширения DK Nano 003 V3.0, датчик освещенности BH1750, WiFi-модуль ESP8266-01, аккумулятор типа PowerBank емкостью 10000 мАч.

Принцип действия предлагаемого устройства: солнечная радиация попадает на датчик освещенности, который передает измеренные значения в люксах на плату

Arduino Nano, затем микроконтроллер Atmel Atmega328 на основе предварительной калибровки переводит эти значения в значения потока солнечной радиации. После этого данные передаются на облачный сервис с помощью модуля ESP8266-01. Таким образом, при наличии доступа к беспроводной сети WiFi возможно проводить измерения дистанционно, автоматически и без использования каких-либо расходных материалов.

Итак, в ходе проведенных исследований был разработан программный комплекс, позволяющий рассчитывать АОТ атмосферы. Использование этого комплекса вместе с предложенным устройством позволит создать обширную сеть датчиков АОТ, позволяющих получать информацию о содержании аэрозолей в реальном времени для решения задач здравоохранения, коммунального хозяйства, предупреждения о чрезвычайных ситуациях и исследование изменений климата.

- [1] Абакумова. Г.М., Горбarenko E.B. Прозрачность атмосферы в Москве за последние 50 лет и ее изменения на территории России. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008, 192 с.

БЕСПРОВОДНОЙ ДАТЧИК ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Д.О. Ипатов, В.В. Чукин

Российский государственный гидрометеорологический университет

С развитием сельского хозяйства и с увеличением масштаба его использования на больших территориях наиболее значимой проблемой становится не урожайность и не засуха, а неточное и несвоевременное определение влажности почвы. Основной целью данной работой является разработка среды для измерения влажности почвы и дистанционным наблюдением за ней.

Контактные методы измерения влажности почвы подразделяются на прямые и косвенные. Основным способом прямого метода является «термостатно-весовой», в котором сначала взвешивается образец влажной почвы, после чего он высушивается и взвешивается повторно. На основе полученных данных определяется влажность почвы.

Косвенный метод основан на определении физических характеристик почвы, таких как электропроводность, газопроницаемость, поглощение радиоизлучения и т. п. Дистанционные методы измерения влажности почвы основаны на регистрации гамма-излучения, теплового электромагнитного излучения, деполяризации отражения радиоволн от влажной почвы.

Существует множество приборов, с помощью которых возможно определить влажность почвы. Они различаются как по стоимости, так и по качеству и точности определения требуемого параметра. Устройство, которое разрабатывалось в рамках данного исследования, было собрано на основе микроконтроллера, стоит в разы дешевле и проще в использовании по сравнению с большинством аналогичных

устройств. Устройство имеет в своем составе плату Arduino Nano на основе микроконтроллера Atmel ATmega328+, плату расширения, сенсор влажности почвы, WiFi-модуль ESP8266-01, для передачи данных на облачный сервер thingspeak.com путем подключения к WiFi точке доступа, а также аккумулятор типа PowerBank для подачи электропитания на данную установку.

Принцип действия предлагаемого устройства состоит в следующем: поскольку сопротивление между двумя электродами сенсора влажности зависит от влажности почвы, то напряжение, поступающее на плату Arduino Nano, оказывается пропорциональным влажности почвы. АЦП Arduino Nano преобразует аналоговое значение напряжения в цифровой вид, переводит значение с помощью калибровочных данных и передает данные на сервер thingspeak.com через WiFi-модуль ESP8266-01, подключенный к точке доступа Internet. Питание производится с помощью аккумулятора, емкости которого, в среднем, хватает на сутки.

Таким образом, имея доступ к Интернету, оказывается возможным проводить измерения дистанционно и полностью автоматически.

ГРУБОДИСПЕРСНЫЕ АЭРОЗОЛИ И ИХ ИЗМЕРЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫМИ СЧЕТЧИКАМИ ЧАСТИЦ

Н.В. Ящук, В.В. Чукин

Российский государственный гидрометеорологический университет

Одним из самых опасных загрязняющих веществ является аэрозоль. Аэрозоли – это твердые или жидкые частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе. Источники аэрозольных частиц находятся на подстилающей поверхности Земли или на водной поверхности. Значительная часть аэрозолей образуется в атмосфере при взаимодействии твердых и жидких частиц между собой или с водяным паром. Средний размер аэрозольных частиц составляет 1–5 мкм. В атмосфере аэрозольные загрязнения воспринимаются в виде дыма, тумана, мглы или дымки. Большое количество пылевых частиц образуется также в ходе производственной деятельности людей. Твердые компоненты аэрозолей в ряде случаев особенно опасны для живых организмов, а у людей вызывают различные специфические заболевания. Наиболее опасным является химическое загрязнение.

Цель данной работы – разработка устройства на основе использование микропроцессорного устройства с датчиком грубодисперсных аэрозолей DSM-501A. Задача состоит в том, чтобы разработать устройство, программное обеспечение к этому устройству, а также осуществить его верификацию.

Датчики для измерения содержания аэрозольных частиц в основном являются дорогостоящими. Не каждое предприятие, которое в этом нуждается, может себе позволить приобрести устройство стоимостью в несколько сотен тысяч рублей. Разрабатываемое устройство предположительно будет стоить на порядок дешевле.

Принцип действия датчика для измерения аэрозолей заключается в следующем. У каждого такого датчика имеется светодиод и фотоприёмное устройство. Аэрозоль,

пролетая на пути светового потока между светодиодом и фотоприёмным устройством, генерирует импульс напряжения. На выходе датчика появляется сигнал, пропорциональный числу импульсов. В устройстве также присутствует резистор, который расположен в нижней части прибора и выделяет тепло, что вызывает конвекцию воздуха с аэрозольными частицами внутри датчика с постоянной скоростью. Предположение о постоянстве скорости прокачки воздуха через датчик позволяет перейти от значений числа импульсов к объёмной концентрации аэрозолей. С помощью датчика DSM-501A можно измерять содержание аэrozолей размером более 1 мкм, при этом он должен быть установлен вертикально и защищен от потоков воздуха.

Разработанное устройство состоит из датчика пыли, платы Arduino Nano, WiFi модуля ESP8266. Принцип действия устройства: датчик пыли DSM-501A регистрирует аэрозольные частицы и отправляет числовое значение на плату Arduino Nano, которая преобразует это число по расчетной формуле в концентрацию аэrozолей и отправляет конечное значение через WiFi-модуль ESP8266, который в свою очередь передает результаты через мобильную сеть на облачный сервер thingspeak.com, который сохраняет конечный результат и строит график временного хода.

Для калибровки устройства использовались данные о PM-10 (particulate matter/материал в виде частиц $\leq 10 \mu\text{m}$, т.е. процедура измерения содержание частиц с аэродинамическим диаметром не более $10 \mu\text{m}$) эталонного устройства. После проведенных измерений разработанным устройством и эталонным устройством найдена статистическая связь между результатами измерений. Осуществлено сопоставление полученных результатов с данными теоретических расчетов с учетом распределения аэrozолей по размерам.

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ ФЛЮКСМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ АТМОСФЕРЫ

С.В. Краснов, В.В. Чукин

Российский государственный гидрометеорологический университет

На данный момент атмосферному электричеству при составлении метеопрогнозов уделяется недостаточно внимания. Однако еще в начале XX века Томпсон говорил о том, что в будущем предсказание погоды будет осуществляться посредством электрометра. Целью работы является создание конечного устройства для измерения напряженности электрического поля атмосферы – флюксметра. Задача заключается в создании датчика напряженности электрического поля, разработке микроконтроллерного устройства, разработке программного обеспечения и осуществлении анализа полученных данных.

Атмосферное электрическое поле создается за счет объемных зарядов атмосферы и поверхностных зарядов земной поверхности. Носителями зарядов являются легкие аэроионы, которые образуются за счет так называемых галактических космических лучей, которые, врываясь в атмосферу, ионизируют молекулы воздуха. В

целом по Земле заряд не изменяется, однако в районе, где имеются облака, под облачностью поле, как правило, направлено от Земли вверх, а в безоблачных районах наоборот. Это объясняется тем, что в верхней части облаков формируется положительный объёмный заряд, а в нижней – отрицательный, в результате переноса восходящими потоками лёгких положительных ионов вверх, в то время как отрицательно заряженные облачные частицы остаются в нижней части облака. Таким образом, существует зависимость между знаком приземной напряженности электрического поля атмосферы и облачностью.

В качестве измерения вариаций напряженности электрического поля атмосферы выбран метод Вильсона. Для использования этого метода разработана конструкция датчика. Принцип действия прибора не сложен: при вращении модулятора сенсорная пластина предстаёт то открытой для проникновения атмосферного электрического поля, то закрытой. Причем при открытом ее положении на нижней части пластины образуется положительный заряд, а на остальной части прибора распределяется отрицательный заряд. Таким образом, электрометр даст отклонение, которое является относительной мерой плотности электрического заряда. Между напряженностью электрического поля и поверхностным зарядом существует простая линейная связь. Благодаря врачающемуся модулятору сигнал становится переменным, и его можно зарегистрировать.

Устройство, реализующее метод Вильсона, разработано с помощью модулей Arduino Nano и ESP8266. Измерительный электрод подключен к аналоговому каналу, который настроен на измерение напряжения. Причем измерение аналоговых сигналов с помощью Arduino можно осуществлять в трех диапазонах, если воспользоваться командой *analogReference()* и с указанием необходимого опорного напряжения +5 В (значение DEFAULT), +1,1 В (значение INTERNAL), внешний источник напряжения, подключенный к контакту AREF (значение EXTERNAL). Модуль беспроводной связи ESP8266 позволяет передавать данные на сервер thingspeak.com. Роторный двигатель модулятора подключен к источнику питания +5 В.

Исходя из результатов тестовых измерений, с помощью разработанного флюксметра на высоте 2,2 м над земной поверхностью как при ясном небе, так и в случае нахождения флюксметра под облаком, установлено, что измеренный сигнал отличается почти на порядок. Для определения уровня шумов устройства осуществлены измерения непосредственно на земной поверхности, когда чувствительный элемент экранировался заземленной проводящей пластиной.

В ходе работы на данный момент можно сделать следующие выводы. Напряженность электрического поля атмосферы – это уникальный индикатор космической и приземной погоды, который до сих пор до конца не изучен в полной мере. С использованием современных микроконтроллеров возможно реализовать цифровой флюксметр, который предварительно нуждается в калибровке и поверке путём проведения сравнительных измерений.

СВЧ СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТ МЕТЕОРАДАРА С-, Х- ДИАПАЗОНА

В.Г. Овчинников, Ю.С. Цыпленков

ООО «СИНТЕЗПРОМ»

Фазовый, амплитудный шум и побочные излучения имеют существенное значение в работе радиолокатора. Фазовый и амплитудный шумы уменьшают в приёмнике соотношение сигнал/шум. Из-за шумов в излучаемом сигнале принимаемый отраженный сигнал также зашумляется, а при наличии мешающих отражений возможна маскировка целей с низким значением доплеровского сдвига частоты. Наличие побочных излучений, созданных дискретными фазовыми или амплитудными колебаниями, может привести к восприятию их как ложных целей. Т.о., значение фазовых шумов определяет минимальный детектируемый уровень отраженного полезного сигнала, следовательно, и возможности по обнаружению РЛС.

В качестве объекта для исследований выступает генератор сетки частот для двух диапазонного метеорадара, работающий в диапазоне частот $10409\div10509$ и $6414\div6514$ МГц с шагом 1 МГц. Основным требованием для радаров данного типа является низкие значения фазового шума при незначительных отстройках от несущей частоты. Второе требование – выходной сигнал должен иметь линейную частотную BPSK модуляцию.

Источником опорной частоты выбран недорогой термостатированный кварцевый генератор с номинальной частотой 105 МГц и фазовыми шумами минус 158 дБн/Гц при отстройке 10 кГц. Опорный сигнал умножается аналоговым способом для тактирования прямого цифрового синтеза (ПЦС). Выбор оптимального коэффициента умножения производился исходя из проработки частотного плана, который обеспечит минимальный уровень паразитных составляющих в спектре выходного сигнала (SFRD). Еще одно важное требование – частное между опорной частотой и сигналом не должно быть целым числом, так как практика показала, что это приведет к ухудшению фазового шума на величину порядка 10–15 дБ.

Моделирование тракта умножения опорной частоты производится в специализированном САПР с применением метода многомодового гармонического баланса. Из множества различных вариантов реализации частотного плана, оптимальным оказался следующий:

- для получения первого диапазона на ПЦС синтезируются частоты 1301,13–1313,63 МГц и умножаются в 8 раз;
- для второго диапазона синтезируется диапазон $1231,5\div1206,5$ МГц, ПАВ фильтром выделяются побочные компоненты ($1603,5\div1628,5$ МГц) и умножаются на 3.

На основе этих исходных данных выставляются требования к фильтрующей системе для получения требуемого диапазона по побочным спектральным составляющим (ПСС) в 70 дБ. В программе Mathcad был проанализирован ряд спектров на различных частотах, близких к требуемому диапазону, и построены номограммы ПСС (рис. 1).

Моделирование системы происходит аналогично узлу формирования опорных частот. В качестве входного сигнала используется измеренный многотональный сигнал ПЦС с различными уровнями мощности. Параметры линейных компонентов изменяются в соответствии с возникающими нежелательными составляющими от нелинейных элементов для обеспечения их фильтрации.

Фазовый шум системы считается по довольно простой формуле:

$$NF_{10\text{ кГц}} = NF_{\text{ор}} + 20 \cdot \log(F_{\text{оп}}/F_{\text{ор}}) - 20 \cdot \log(F_{\text{оп}}/F_{\text{сигн}}) + 20 \cdot \log(F_{\text{вых}}/F_{\text{сигн}}),$$

$$NF_{10\text{ кГц}}(X) = -158 + 20 \cdot \log(2835/105) - 20 \cdot \log(2835/1313) + 20 \cdot \log(10509/1313) = -118 \text{ дБc/Гц},$$

$$NF_{10\text{ кГц}}(X) = -158 + 20 \cdot \log(2835/105) - 20 \cdot \log(2835/1231) + 20 \cdot \log(6514/1206) = -122 \text{ дБc/Гц},$$

где $NF_{\text{ор}}$ – шумы ОГ при отстройке на 10 кГц; $F_{\text{оп}}$ – частота опорного генератора; $F_{\text{ор}}$ – частота опорного сигнала для ПЦС; $F_{\text{сигн}}$ – частота генерируемого сигнала ПЦС; $F_{\text{вых}}$ – частота сигнала на выходе синтезатора.

Ниже приведены измеренные характеристики синтезатора частот: на рис. 2 – спектр сигнала, на рис. 3 – фазовые шумы синтезатора X-диапазона.

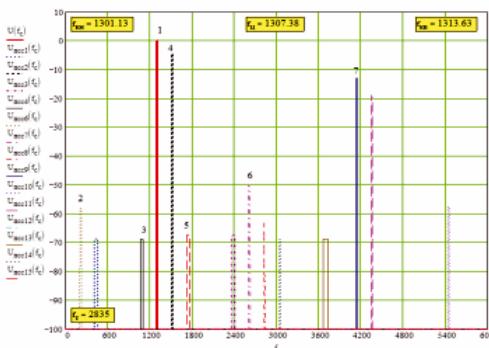


Рис. 1

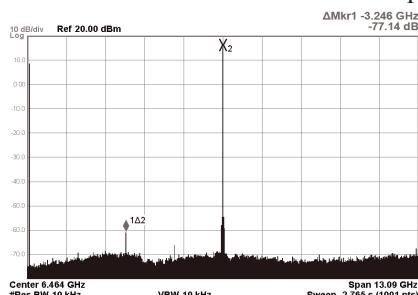


Рис. 2

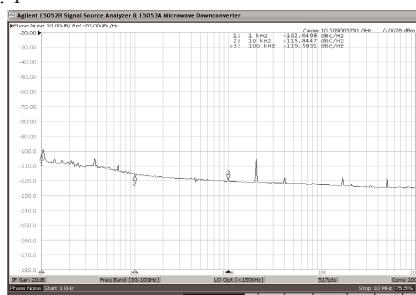


Рис. 3

Итак, в работе была подтверждена возможность математического расчета в САПР и реализации на практике быстродействующего малошумящего синтезатора частот С- и Х-диапазонов. Скорость перестройки данного синтезатора составляет не более 800 нс при загрузке на частоте 40 МГц с любой частоты на любую. Разрешение по частоте составляет единицы Герц, на нём с успехом реализованы ЛЧМ, BPSK, АМ, FM модуляции с высоким качеством синтезируемых сигналов. Уровень ПСС во всем диапазоне достигнут в более 70 дБ. Фазовый шум полученного синтезатора на частоте 10509 МГц всего -116 дБс/Гц при отстройке на 10 кГц, что близко к лучшим мировым производителям.

- [1] Chenakin A. Frequency Synthesizers. Concept to product. –Norwood: Artech House, 2011, 234 р.
- [2] Манасевич В. Синтезаторы частот теория и проектирование. Пер. с англ. / Под ред. Галина А.С. – М.: Связь, 1979, 384 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛИЗИЙ В БЕСПРОВОДНЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА CSMA/CA

А.А. Киришин, А.Н. Садков

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

В настоящей работе приводятся результаты экспериментов с беспроводными сенсорными узлами Tmote Sky, работающих по стандарту IEEE 802.15.4 и оснащенных приемо-передатчиками CC2420, которые показывают, что даже при использовании алгоритма доступа к среде CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision

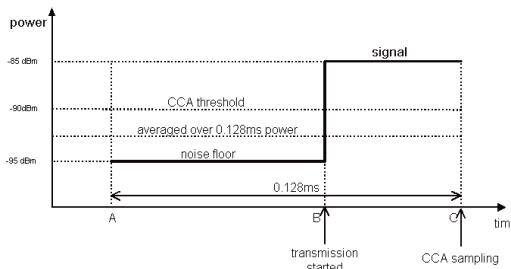


Рис. 1.

Avoidance) возникают коллизии и потери пакетов.

В настоящее время в большинстве статей отмечается, что при использовании алгоритма CSMA/CA и отсутствии скрытых терминалов коллизии не происходят [1], однако проведенные эксперименты показали, что даже в таком случае возникает значительное число коллизий и потерей пакетов. Коллизия может произойти между сигналами, начало передачи которых отличается менее чем на 0,128 мс. Причиной

этого являются особенности работы механизма определения занятости канала CCA (Clear Channel Assessment) в приемо-передатчиках стандарта 802.15.4. Алгоритм CCA, встроенный в приемо-передатчики, вычисляет среднюю мощность за последние 0,128 мс и сравнивает полученное значение с пороговым уровнем [2]. Если два беспроводных узла пытаются передать информацию практически одновременно с разницей менее 0,128 мс, то даже при наличии сигнала в канале связи среднее значение, измеренное алгоритмом CCA, окажется ниже порогового уровня и канал будет считаться свободным (см. рис. 1), в результате чего произойдет коллизия и потеря данных.

В эксперименте, схема которого показана на рис. 2, были использованы 2 передатчика, приемник и синхронизирующий узел. Передатчики были расположены таким образом, что исключалась ситуация появления «скрытого терминала». Передача сигнала осуществлялась в отсутствии внешних помех. Синхронизирующий узел посыпал сигнал, по получению которого передатчики запускали внутренние таймеры. При каждом срабатывании таймера узел делал попытку отправить пакет данных. При включенном алгоритме избежания коллизий CSMA/CA перед передачей сигнала сенсорный узел проверял занятость канала. Каждый узел посыпал 7000 пакетов с интервалом 4 мс плюс случайная задержка от 0 мс до 3 мс.

На рис. 3 представлены результаты эксперимента. На графике показана зависимость процента потери пакетов от разности мощностей сигнала на приемнике от разных передатчиков.

Как видно из рисунка, при разности мощностей более 4 dB терялись пакеты только от узла с меньшей мощностью сигнала на приемнике (узел “node 2”). Это объясняется тем, что при коллизии между сигналами, начало передачи которых отличается менее чем на 0,128 мс, преамбула первого пакета еще не принята и поэтому приемник оказывается способен пересинхронизироваться на второй более мощный сигнал.

Дополнительно были проведены эксперименты по изучению зависимости количества потерянных пакетов от порогового значения CCA (по умолчанию в узлах Tmote Sky оно установлено на -77 dBm). Результаты экспериментов показали (рис. 4), что если установить пороговое значение CCA близким к уровню шума, то количество коллизий значительно уменьшится. Это объясняется тем, что при малом пороговом значении CCA узел способен правильно определять занятость канала с меньшим перекрытием сигнала (интервал BC на рис. 1).

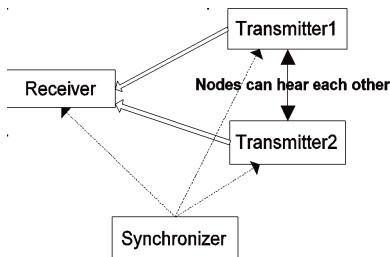


Рис. 2. Схема эксперимента.

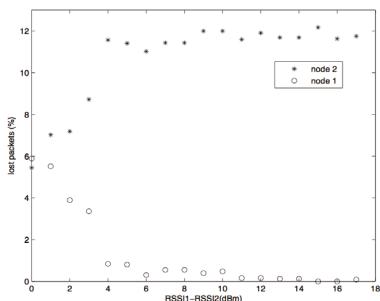


Рис. 3.

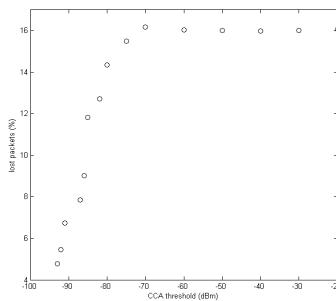


Рис. 4.

Проведенные эксперименты подтвердили существование нового типа коллизий, которые возникают из-за особенностей работы алгоритма обнаружения занятости канала. Эти коллизии и вероятную потерю пакетов необходимо учитывать при разработке надежных и эффективных протоколов работы беспроводных сенсорных сетей.

- [1] Ye W., Heidemann J. Medium Access Control in Wireless Sensor Networks // In book: Wireless sensor networks. Eds. Znati T. – NY: Springer US, 2004. P. 73.
- [2] CC2420 Datasheet (rev. 1.3)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЗОНЕ ФРЕНЕЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ, ОБРАЗОВАННОЙ КЛАСТЕРОМ УПРАВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

А.Н. Садков, А.Л. Умнов

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

В последние годы все большее распространение получают беспроводные сенсорные сети, состоящие из множества сенсорных узлов, оснащенных маломощными приёмо-передатчиками с низким энергопотреблением. Каждый узел в такой сети обладает ограниченным радиусом связи, но при этом он должен передавать информацию на соседние узлы или на базовую станцию, которые потенциально могут находиться вне зоны связи. Ранее был предложен метод [1], позволяющий увеличить радиус возможной передачи сигнала маломощными приёмо-передатчиками путём объединения нескольких узлов в кластеры и формирования виртуальной антенной решётки. Перед передачей пакета сенсорные узлы сначала обмениваются информацией, а затем передают её синхронно. Предполагается, что в приёмном устройстве сигналы от передающих узлов складываются когерентно по фазе, и таким образом возникает возможность значительного увеличения дальности передачи информации. Кроме решения проблем с дальностью связи, данный метод коллективной передачи

информации во многих случаях позволяет продлить время работы сети [2], повысить энергетическую эффективность и увеличить пропускную способность [3].

Во многих работах, например в [3], отмечается, что путём формирования виртуальной антенной решётки, образованной кластером случайно расположенных сенсорных узлов, и передачи сигнала когерентно, можно получить диаграмму направленности с достаточно узким основным лучом, направленным в точку приёма, и низким уровнем боковых лепестков. Таким образом можно уменьшить уровень нежелательных помех на соседних узлах (не входящих в кластер), которые смогут передавать информацию одновременно с узлами кластера. В сетях, использующих метод пространственного разделения доступа к среде, это позволит значительно увеличить пропускную способность. Во всех работах, посвящённых формированию виртуальных антенных решёток в сенсорных сетях, рассматривается диаграмма направленности такой решётки, а это значит, что приёмник и соседние узлы должны находиться в дальней зоне. Однако в большинстве случаев использования беспроводных сенсорных сетей такое условие не может быть выполнено. При работе в диапазоне 2,4 ГГц и размере кластера (виртуальной антенной решётки), например, 30 метров, дальняя зона начинается на расстоянии около 15 км. На практике, при использовании маломощных передатчиков и с учётом особенностей окружающего рельефа, даже при использовании большого числа узлов и когерентного сложения трудно добиться устойчивой связи на таких больших расстояниях. Таким образом, необходимо рассматривать зону Френеля виртуальной антенной решётки, в которой распределение электромагнитного поля зависит не только от пространственных углов, но и от расстояния.

В рамках настоящей статьи было изучено распределение электромагнитного поля в зоне Френеля от кластера сенсорных узлов, случайно распределенных по диску заданного радиуса и образующих виртуальную антенну решётку. В зоне Френеля при когерентном сложении полей от нескольких узлов в точке приёма может образовываться локальный максимум амплитуды напряжённости электромагнитного поля, который в дальнейшем мы будем называть фокальным пятном. Были исследованы характеристики фокального пятна, такие как угловая ширина, смещение относительно заданной точки фокусировки и степень концентрации излучения. На рис. 1 показана типичная интерференционная картина поля в зоне Френеля от кластера, состоящего из 30 сенсорных узлов. В правой части рисунка виден локальный максимум амплитуды поля в окрестностях точки фокусировки. На основании результатов статистического моделирования было определено, что угловая ширина фокального пятна практически не зависит от количества узлов в кластере и может быть определена по формуле:

$$\alpha = c \cdot \lambda / D,$$

где λ – это длина волны, D – это размер виртуальной антенной решётки, а c – это коэффициент, незначительно зависящий от расстояния до точки фокусировки и принимающий значения от 0,52 до 0,56.

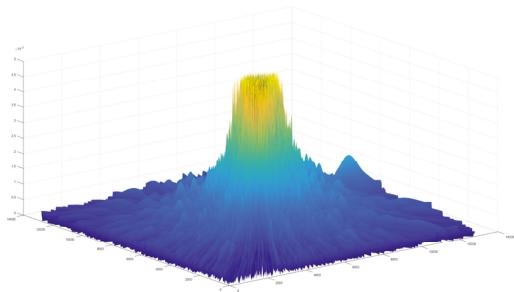


Рис. 1.

При большом количестве узлов в кластере можно добиться высокой концентрации излучения в точке фокусировки и снизить влияние на соседние узлы. Однако на практике в кластере может находиться порядка десяти или меньше передатчиков. В этом случае в зоне Френеля картина поля получается очень неоднородная, сложно добиться концентрации излучения в одной области и увеличить пропускную способность сети. Таким образом, теряется одно из преимуществ использования виртуальных антенных решёток в сенсорных сетях. Для того чтобы сконцентрировать излучение в одном направлении и снизить влияние на соседние узлы, мы предлагаем использовать виртуальные антенные решётки с направленными антеннами, которые ранее уже были предложены для использования в беспроводных сенсорных сетях [4].

На рис. 2 представлены результаты расчета амплитуды электромагнитного поля от кластера, состоящего из 30 узлов с антennами, основные лепестки диаграммы направленности которых направлены в сторону приёмника. На рисунке хорошо виден локальный максимум амплитуды в точке фокусировки.

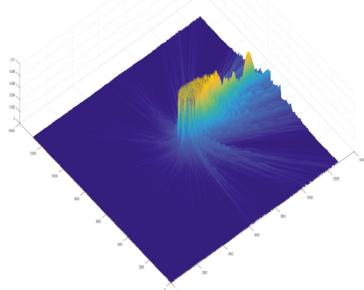


Рис. 2.

- [1] Mishagin K., Pastukhov V., Sadkov A., Umnov A. // Proc. of Intern. Scient. Conf. «Informatics, Mathematical Modelling and Design in the Technics, Controlling and Education (IMMD)'2004», 2004.
- [2] Мишагин К.Г., Пастухов В.А., Садков А.Н., Умнов А.Л. // Вестник Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского. 2008, № 6. С. 70.
- [3] Ochiai H., Mitran P., Poor H., Tarokh V. // IEEE Trans. Signal Proc. 2005. V.53, No.11. P. 4110.
- [4] Zhang J., Jia X., Zhou Y. // ACM Trans. on Sensor Networks. 2012. V.9, No.1. P.3.

УСЛОВИЯ КОМПРОМИССА

В.А. Антонец^{1,2)}, И.В. Левчук¹⁾

¹⁾ ННГУ им. Н.И. Лобачевского

²⁾ Институт прикладной физики РАН

Работа посвящена математическому формулированию условий, на которые соглашаются люди при компромиссных сделках, в том числе при приобретении и/или обмене разнородных материальных объектов.

При моделировании будем рассматривать сделку как обмен ценностями (ресурсами), каждая из которых в глазах участников имеет определенную значимость. Они, безусловно, воспринимаются человеком как сложные семантические стимулы. Будем полагать, что у каждого человека имеется свой индивидуальный конечный набор ценностей, которые находятся в определенной иерархии. Несмотря на то, что восприятие ценностей (ресурсов) – ментальных ли, материальных ли, является субъективным, согласно Ч. Осгуду [1], каждый человек в каждый момент времени способен дать количественную оценку значимости, поставив отметку на дискретной или непрерывной шкале.

Таким образом, для каждого человека может быть определен (измерен) вектор $t = (t_1, t_2, \dots, t_n)$, где t_i – субъективная количественная оценка значимости i -й из n принимаемых во внимание ценностей. Обдумывающий условия сделки человек, способен также дать и субъективную количественную оценку затрат каждого из ресурсов (утрат каждой из ценностей). Таким образом может быть определен вектор количественной меры затрат этих ресурсов $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$, где r_i – субъективная количественная оценка затрат i -го из n ресурсов при совершении сделки. Заметим, что если даже расходуемый ресурс объективно измерим – время, деньги и др., все равно восприятие их ценности человеком остается субъективным. Тогда субъективная интегральная оценка R , утрачиваемых в транзакции ресурсов может быть записана в форме скалярного произведения: $R = (t, r) = \sum_{j=1}^n (t_j \cdot r_j)$.

Точно также субъект способен к оценке субъективной меры каждой из приобретаемых в транзакции ценностей, что позволяет получить (измерить) вектор количественной меры приобретаемых ценностей $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ и субъективную интегральную оценку $V = (t, v)$ приобретаемых в транзакции ресурсов.

Рассмотрим пример, демонстрирующий различие в восприятии набора ценностей для двух субъектов и его влияние на принятие решения при их обмене. Предпо-

ложим, что субъект **A** обладает набором ресурсов (ценностей) R^a , а субъект **B** обладает своим набором – R^b . Обмен ресурсами между субъектами **A** и **B** возможен только в том случае, если в результате него обе стороны будут считать себя в выигрыше. Таким образом, для обеспечения условий компромисса – обмена ресурсами “*a*” и “*b*” между субъектами **A** и **B** соответственно необходимо, чтобы соблюдались условия:

$$(t_b^a, v_b^a) \geq (t_a^a, r_a^a), \quad (1)$$

$$(t_a^b, v_a^b) \geq (t_b^b, r_b^b), \quad (2)$$

где $t_b^a, t_a^a, v_b^a, r_a^a$ – оценки характеристик ресурсов “*a*” и “*b*” субъектом **A**, $t_b^b, t_a^b, v_a^b, r_b^b$ – оценки характеристик ресурсов “*a*” и “*b*” субъектом **B**.

Таким образом, при обмене ресурсами компромисс возможен только между людьми, у которых оценки субъективной значимости обмениваемых объектов не совпадают, а компромиссы между субъектами, имеющими сходные интересы, невозможны. Компромиссное решение не обязательно является «справедливым», т.е. таким, когда каждый из участников сделки уверен в равенстве полученной выгоды, т.е. что при дальнейшем изменении условий сделки в его пользу она не могла бы состояться. Таким образом, «справедливая» сделка возможна только между сторонами, хорошо осведомленными о представлениях друг друга. Однако, поскольку эти представления в силу субъективности могут быть и нерациональными, то в ходе переговоров можно не только выяснить позицию партнера, но и повлиять на неё.

Обратимся теперь к результатам, полученным Д. Канеманом и его коллегами [2], которые показывают, что большинство принимаемых человеком решений является интуитивными, а механизмы их принятия схожи с механизмами чувственного восприятия. Одна из основных закономерностей чувственного восприятия, связывающая величину чувственного физического стимула с субъективно воспринимаемой силой его действия, описывается степенным законом Стивенса [3]. Расширим заключение о сходстве интуитивного мышления и чувственного восприятия до гипотезы о применимости степенного закона Стивенса к семантическим стимулам. Положим тогда, что получаемые в сделке ресурсы являются для участников сделки стимулом, а отдаваемые ценности – реакцией. Тогда связь между субъективными интегральными оценками приобретаемых и затрачиваемых ресурсов V и R может быть описана соотношением

$$\left(\frac{V}{V_0}\right)^{-k} = \left(\frac{R}{R_0}\right), \quad (3)$$

что эквивалентно соотношению

$$R_{\text{payment}} = R_{\max} \left[1 - \left(\frac{V_{\text{acquirement}}}{V_{\min}} \right)^{-k} \right] \quad (4)$$

Параметры V_0 и R_0 , V_{min} и R_{max} определены из следующих соображений. Пусть R_0 – это максимальный ресурс R_{max} , которым располагает субъект, и который он из некоторых субъективных соображений, готов потратить (обменять) на приобретение предложенных ему ресурсов, характеризующихся векторами t и v . Значение $V_0 = (t_0, v_0)$ соответствует случаю, когда субъективно воспринимаемая значимость или количественная мера приобретаемой ценности настолько мала, что мы не станем тратить на нее свои ресурсы, т.е. $R=0$. Здесь R_{max} и V_{min} являются скалярными произведениями (t, r_{max}) и (t, v_{min}) соответственно. $R_{payment}$ выражает затрачиваемые субъектом ресурсы на приобретение корзины ресурсов $V_{acquisition}$.

Заметим, что, векторы r и v могут иметь и нулевые компоненты. В частности, если в выражении (4) у каждого из них лишь одна компонента отлична от нуля (простейший случай обмена одного ресурса на другой), то становится очевидным тот факт, что при интуитивной оценке отдаваемый ресурс субъективно оценивается выше, чем приобретаемый.

Для построенной модели содержательная номинация ценностей не имеет значения. А это означает, что за очевидной разницей в поведении людей, исповедующих различные «пакеты» ценностей, могут стоять тождественные психологические механизмы.

- [1] Osgood C.E., Suci G., Tannenbaum P. The Measurement of Meaning. – USA: University of Illinois Press, 1957. 342 p.
- [2] Kahneman D., Frederik Sh., Representativeness Revisited, Attribute Substitution in Intuitive Judement // In book: Heuristics and biases: The psychology of intuitive thought/ Ed. By Gilovich T., Griffin D., Kahneman D. – N.Y.: Cambridge Univ. Press, 2002. P. 49.
- [3] Stevense S.S. // Psychol. Rev. 1957. V. 64. P. 153.

АДАПТИВНЫЙ СОГЛАСОВАННЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ПОМЕХИ, ОСНОВАННЫЙ НА МЕТОДЕ СТЕПЕННЫХ ВЕКТОРОВ

В.Т. Ермолаев, В.Ю. Семёнов, А.Г. Флаксман

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Необходимость подавления широкополосных помех на фоне приёма полезного сигнала возникает во многих радиотехнических системах [1]. В частности, данная проблема существует в активной радиолокации при приёме полезного отраженного сигнала. Будем рассматривать ситуацию, когда на единственном входе адаптивного фильтра (АФ) широкополосная помеха присутствует постоянно. Известный полезный сигнал является импульсным с некоторой огибающей. Таким образом, существуют моменты времени, в которые АФ может принять только широкополосную помеху и оценить её корреляционную матрицу в отводах линии задержки (ЛЗ). Структура АФ представлена на рис. 1.

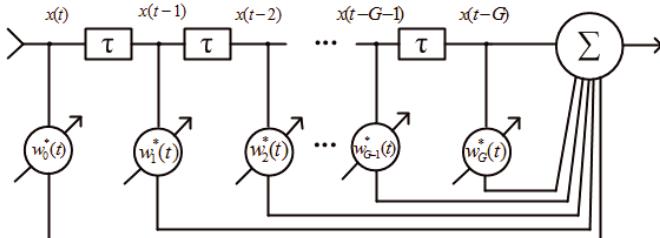


Рис. 1

В качестве полезного (зондирующего) сигнала S будем рассматривать широкополосный сигнал, а именно M -последовательность длиной $G=127$. Данный вид сигнала часто применяется на практике. Одним из наиболее важных критерии эффективности обработки сигналов в АФ является выходное отношение мощности сигнала к средней мощности внешних источников шумовых помех и собственного шума (ОСШ). Оптимальный весовой вектор, обеспечивающий максимальное ОСШ, определяется из решения следующего уравнения [1]:

$$\mathbf{MW} = \mathbf{S}, \quad (1)$$

где \mathbf{M} – максимально-правдоподобная оценка корреляционной матрицы (КМ) входного шума и помех.

Представим весовой вектор \mathbf{W} в виде разложения по степенным векторам $\mathbf{F}_0, \mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_{K-1}$ [2]

$$\mathbf{W} = \mathbf{F}_0 + c_1 \mathbf{F}_1 + c_2 \mathbf{F}_2 + c_3 \mathbf{F}_3 + \dots + c_{K-1} \mathbf{F}_{K-1}. \quad (2)$$

Система векторов $\mathbf{F}_0, \mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_{K-1}$. формируется по следующей схеме [3]:

$$\begin{cases} \mathbf{F}_0 = \mathbf{S}, & \mathbf{F}_0 = (\mathbf{F}_0, \bar{\mathbf{F}}_0)^{-0.5} \mathbf{F}_0, \\ \bar{\mathbf{F}}_1 = \mathbf{M}\mathbf{F}_0 - \alpha_0 \mathbf{F}_0, & \mathbf{F}_1 = (\bar{\mathbf{F}}_1, \bar{\mathbf{F}}_1)^{-0.5} \bar{\mathbf{F}}_1, \\ \bar{\mathbf{F}}_2 = \mathbf{M}\mathbf{F}_1 - \alpha_1 \mathbf{F}_1 - \beta_0 \mathbf{F}_0, & \mathbf{F}_2 = (\bar{\mathbf{F}}_2, \bar{\mathbf{F}}_2)^{-0.5} \bar{\mathbf{F}}_2, \\ \dots \\ \bar{\mathbf{F}}_n = \mathbf{M}\mathbf{F}_{n-1} - \alpha_{n-1} \mathbf{F}_{n-1} - \beta_{n-2} \mathbf{F}_{n-2}, & \mathbf{F}_n = (\bar{\mathbf{F}}_n, \bar{\mathbf{F}}_n)^{-0.5} \bar{\mathbf{F}}_n, \end{cases} \quad (3)$$

где $\alpha_{n-1} = (\mathbf{M}\mathbf{F}_{n-1}, \mathbf{F}_{n-1})$, ($n \geq 1$) и $\beta_{n-2} = (\mathbf{M}\mathbf{F}_{n-1}, \mathbf{F}_{n-2})$, ($n \geq 2$) – действительные коэффициенты.

Точное аналитическое решение (1) относительно коэффициентов c_1, c_2, \dots, c_{K-1} имеет вид [2]

$$\begin{aligned} c_1 &= -\frac{\beta_0}{\beta_1^2}; \\ \alpha_1 - \frac{\beta_1^2}{\alpha_2 - \frac{\beta_2^2}{\alpha_3 - \frac{\beta_3^2}{\ddots - \frac{\beta_{K-2}^2}{\alpha_{K-1}}}}} \quad c_2 &= -\frac{\alpha_1 c_1 + \beta_0}{\beta_1}; \\ c_n &= -\frac{\beta_{n-2} c_{n-2} + \alpha_{n-1} c_{n-1}}{\beta_{n-1}}, \quad n = \overline{3, K-1} \end{aligned} \quad (4)$$

Тогда отношение сигнал-шум (ОСШ) на выходе АФ равняется

$$\eta_{\max} = |\mathbf{F}_0^H \mathbf{S}|^2 / (\alpha_0 + \beta_0 c_1).$$

Поскольку величины в (3) имеют случайный характер, то необходимо применение процедуры регуляризации (ограничения) [4] размерности K степенного базиса (2). Исходя из физического содержания проблемы каждый i -й вектор, входящий в состав результирующего вектора \mathbf{W} , добавляет долю собственного шума, равную $\sigma_n^2 \cdot |c_i \mathbf{F}_i|^2 = \sigma_n^2 c_i^2$. Этот факт предлагается взять за основу процедуры регуляризации. Таким образом, после регуляризации КМ будем оценивать как $\mathbf{M}_r = \mathbf{M} + (\hat{\mathbf{W}}^H \hat{\mathbf{W}}) \mathbf{I}$, где \mathbf{I} – единичная матрица.

На рис. 2 цифрой 1 показаны результаты математического моделирования потерь в ОСШ для предложенного метода степенных векторов, а цифрой 2 – для прямого обращения матрицы. Видно, что при одинаковом числе обучающих выборок L , предложенный метод имеет меньшие потери в ОСШ по сравнению с методом непосредственного обращения КМ помех.

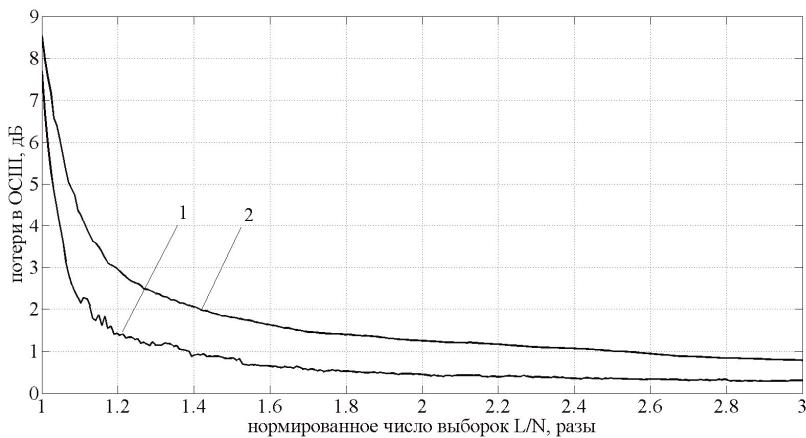


Рис. 2

- [1] Уидроу Б.И. и др. // ТИИЭР, 1975. Т. 63, № 12. С. 69.
- [2] Ермолаев В.Т., Семенов В.Ю., Сорокин И.С., Флаксман А.Г. Ястребов А.В. // Изв. вузов. Радиофизика. 2015. Т. 58, №3. С. 235.
- [3] Воеводин В.В. Линейная алгебра. – М.: Наука, 1980, 400 с.
- [4] Тихонов А.И., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979, 288 с.

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНАЯ ОТРАЖАТЕЛЬНАЯ АНТЕННАЯ РЕШЁТКА Х-ДИАПАЗОНА ДЛЯ МАЛЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А.А. Анурин

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Основным потребителями радиолокационной информации быстрого обновления в настоящее время являются комплексы обеспечения полётов авиации. И хотя создание сканирующих систем с минимальными массогабаритными характеристиками является наиболее актуальной задачей в области проектирования современных беспилотных летательных аппаратов, тем не менее, малогабаритные радиолокационные системы востребованы в настоящее время и в задачах метеорологического анализа локальных зон повышенного внимания.

Наиболее часто используемый диапазон длин волн в области метеорологической радиолокации – это Х-диапазон. В данном диапазоне проектирование антенной решётки (АР) с электронным сканированием луча, с малой массой и низкой стоимостью изготовления, является довольно сложной, но решаемой задачей. Проработка различных вариантов построения АР с электронным сканированием луча показала, что наиболее предпочтительный вариант с точки зрения минимизации массы и стоимости – это отражательная фазированная антenna решётка (ОФАР). Суть работы ОФАР заключается в переотражении электромагнитной волны от поверхности решётки с фазами, позволяющими синфазно сложить сигнал при приёме в одной фокусной точке или максимально сфокусировать электромагнитную волну в нужном направлении при работе антенны на передачу, при этом электронное управление позволяет выбрать желаемое направление приёма и передачи.

Особенность высокой технологичности ОФАР – это исполнение её по печатной технологии без применения ручного монтажа компонентов схемы. Базовыми элементами ОФАР является отражатели, выполненные в СВЧ слое многослойной печатной платы. Фазовое состояние отражателей устанавливается схемой и управляется в зависимости от требуемого направления луча.

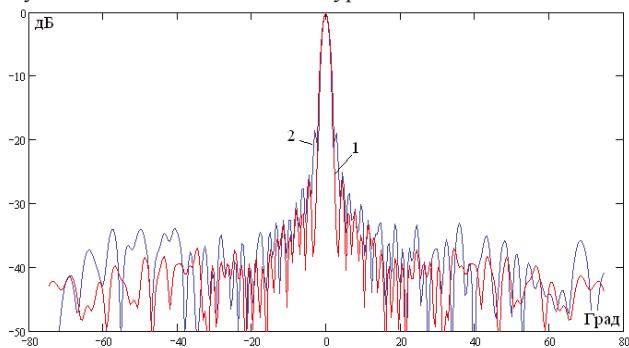
Тестовая ОФАР, разработанная и изготовленная в ННГУ, имеет размеры $0,56 \times 0,56 \times 0,01$ м и выполнена из 16 фрагментов. Каждый фрагмент представляет собой многослойную печатную плату с размерами $0,14 \times 0,14$ м, содержащую по 256 элементарных отражателя и схему управления ими. Фрагменты установлены на общей раме, которая закреплена на поворотном устройстве. Электронное отклонение луча составляет $\pm 60^\circ$ от нормали к раскрытию полотна в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Построение отражательных элементов позволяет формировать четыре основных вида поляризации передаваемого (принимаемого) сигнала: горизонтальную, вертикальную, круговую левую и круговую правую. Вид формируемой поляризации определяется платой управления, исходя из выдаваемой команды.

ОФАР может работать в трёх режимах – приёмном, передающем и приёмом-передающем. С этой целью она имеет две фокусные точки – точку передачи сигнала

и точку приёма сигнала. Во время излучения передающего импульса ОФАР настроено так, что сигнал, излучаемый передающим элементом, отражается от элементарных отражателей с необходимым фазовым распределением, формируя таким образом пространственный луч с требуемыми угловыми параметрами. Во время приёма ОФАР перефокусируется так, чтобы сигнал, отражаясь от антенных элементов, собирался в приёмной фокусной точке. Время перефокусировки составляет $\sim 1\text{мкс}$. Данный режим позволяет существенно сократить приёмо-передающую аппаратуру, в частности, исключить ферритовый циркулятор, нагрузку, ограничитель, волноводный тракт и тем самым уменьшить как потери сигнала, так и стоимость антенной системы.

Ниже на рисунке приведены диаграммы направленности (ДН) ОФАР в горизонтальной (1) и вертикальной (2) плоскостях. Ввиду того, что с целью уменьшения затенения облучателями полотна ОФАР, фокусные точки смещены по вертикальной оси, ДН для двух плоскостей отличаются по уровню боковых лепестков.



Работа поддержана Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» (соглашение № 14.578.21.0033 от 05.06.2014 г., идентификатор RFMEFI57814X0033).

**АДАПТИВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЗНАНИЙ
В ОБЛАСТИ ВЛИЯНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НА ОБЩЕСТВО И ЭКОНОМИКУ**

А.Л. Умнов

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Лаборатория физических основ и технологий радиофизического факультета Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского является одним из главных инициаторов и идеологов проекта ECOIMPACT, выполняемого в рамках программы Европейской комиссии ERASMUS+ [1].

Стимулом для разработки проекта послужили происходящие в последнее время драматические изменения окружающей среды, которые оказывают существенное влияние как на жизнь отдельного человека, так и на жизнь всего общества. К таким изменениям можно отнести: урбанизацию, загрязнение окружающей среды, изменение климата и т.п. Высокие темпы изменений привели к ситуации, при которой старые бытовые представления о том, как устроена окружающая среда и как она влияет на здоровье, качество жизни, бизнес, семейный бюджет и другие аспекты жизни, не соответствуют реальной ситуации. Бытовые представления, которые исправно работали многие столетия, не только не позволяют адекватно прогнозировать последствия тех или иных действий, но также ограничивают использование современных технологий Интернета вещей (Internet of Things, IoT), которые непосредственно завязаны на взаимодействие с окружающей средой.

Наиболее значимые для человека и его хозяйственной деятельности процессы в окружающей среде протекают в т.н. пограничном слое атмосферы, подвергающемся непосредственному воздействию антропогенных объектов, которые могут загрязнять атмосферный воздух различными химическими примесями, прогревать его, менять направление ветра, увеличивать или уменьшать влажность воздуха и т.п.

Целью проекта ECOIMPACT является модернизация системы образования, направленная на предоставление бизнесу и населению информации, достаточной для практической оптимизации жизни и бизнес-процессов в новых условиях.

Особенностью проекта является его ориентированность не на теоретические, а на практические знания, приобретение которых предполагается с использованием «умных» объектов (измерительных приборов, техногенных и живых систем), встроенных в Интернет вещей, взаимодействию с которыми пользователю помогают системы поддержки принятия решений.

Разрабатываемая в рамках проекта образовательная среда ориентирована на:

- студентов университетов;
- профессиональных метеорологов;

- представителей, бизнеса, деятельность которого определяется состоянием окружающей среды;
- служащих муниципальных структур, зависящих от погоды (коммунальное хозяйство, транспорт и т.п.);
- в перспективе знания, предоставляемые образовательной средой, должны быть интересны широким слоям населения.

Головной организацией проекта является университет г. Хельсинки (Финляндия).

Участниками проекта являются: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Сельскохозяйственный университет г. Пловдив (Болгария), Университет Центральной Европы г. Скалица (Словакия), Российский государственный гидрометеорологический университет, Институт повышения квалификации РОСГИДРОМЕТа, а также университеты Украины: Херсонский сельскохозяйственный университет, Одесский государственный экологический университет и Киевский национальный университет им. Т.Г. Шевченко. В проект также вовлечены: Европейская медицинская ассоциация (г. Брюссель, Бельгия), Санкт-Петербургская торговая палата (г. Санкт-Петербург, Россия), Технологическая платформа «Технологии для устойчивого экологического развития» (г. Москва, Россия), а также компания MARSANN (г. Братислава, Словакия).

Сотрудники Лаборатории физических основ и технологий беспроводной связи выполняют в проекте роль экспертов в области беспроводных технологий, технологий Интернета вещей, а также специалистов в области управления знаниями и анализа данных. В ходе выполнения проекта ими будет выполнена адаптация различных программных и аппаратных решений, которая позволит обучающимся использовать

**Труды XX научной конференции по радиофизике,
посвящённой 110-летию со дня рождения Г.С. Горелика**

Нижний Новгород, 12–20 мая 2016 г.

*Отв. редактор В.В. Матросов,
Зам. отв. редактора С.В. Оболенский.*

Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского.

Радиофизический факультет.