МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Ульяновский областной центр новых информационных технологий

ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

XII Всероссийская научно-техническая конференция аспирантов, студентов и молодых ученых
ИВТ-2020

(Россия, г. Ульяновск. 15 – 16 июня 2020 г.)

Сборник научных трудов

Ульяновск
УлГТУ
2020

УДК 004
ББК 32.97
Э45

Редколлегия: Войт Н.Н. – к.т.н., доцент кафедры ВТ УлГТУ
Наместников А.М. – д.т.н., проректор по научной работе УлГТУ
Негода В.Н. – д.т.н., профессор кафедры ВТ УлГТУ
Святов К.В. – к.т.н., доцент, декан ФИСТ УлГТУ

УДК 004
Информатика и вычислительная техника. XII Всероссийская научно-техническая конференция аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ-2020 (Россия, г. Ульяновск. 15-15 июня 2020 г.) : сборник научных трудов / под общей ред. В.Н. Негоды. – Ульяновск : УлГТУ, 2020. – 331 с.

В сборнике отражены результаты исследований аспирантов и студентов, представленные на XII Всероссийской научно-технической конференции «Информатика и вычислительная техника» (ИВТ-2020, г. Ульяновск, 15 – 16 июня 2020 г.). Тематика докладов охватывает следующие предметные области: математическое и программное обеспечение ЭВМ, моделирование рассуждений разработчика программного обеспечения, моделирование программных и аппаратных средств ВТ, встроенные системы, коммуникационные системы, автоматизация проектирования, автоматизация обучения, технологии программирования, организация параллельной обработки данных.

Статьи сборника представлены в авторской редакции.

© Колл. авторов, 2020
ISBN 978-5-9795-2059-9
© Оформление. УлГТУ, 2020

Оглавление

А.А. Аглиуллин, Ю.А. Лапшов
УПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯМИ В ОНТОЛОГИЧЕСКОМ СОПРОВОЖДЕНИИ ПРОЕКТОВ 8

А. А. Аглиуллин
ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТОВ..... 14

Д.Ю. Алексеев, М.Н. Дульский, Д.А. Евсевичев, М.К. Самохвалов
ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ПРИНЦИПАМ РАБОТЫ ILS..... 21

Е.А. Андреев
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ПОРТРЕТА..... 25

С.И. Басыров, А.В. Марков, Д.А. Евсевичев, М.К. Самохвалов
ПРОГРАММА ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ..... 31

А.К. Белоусова, Я.С. Рейфер
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ FASHION-ЭСКИЗОВ БУДУЩИМИ ИНЖЕНЕРАМИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РАМКАХ ДИСЦИПЛИНЫ «КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»..... 35

К.С.Бурханов, В.В.Родионов
ПРАВИЛЬНЫЙ PAYWALL КАК СПОСОБ МОНЕТИЗАЦИИ КОНТЕНТА 39

К.С.Бурханов, В.В.Родионов
ПРОЕКТИРОВАНИЕ УДОБНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ 44

К.С.Бурханов, В.В.Родионов
ТРИ КИТА РЕАКТИВНЫХ ФРЕЙМВОРКОВ 48

Д. А. Горшков
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ «ДЕКАРТОВО ДЕРЕВО» 52

Е.А.Додонова, С.А.Корчивой, А.В.Иващенко
УПРАВЛЕНИЕ ПОСРЕДНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ 56

А.Э. Егиян, С.Ю. Лавриненко, Д.А. Евсевичев, М.К. Самохвалов
СИМУЛЯТОР РАДИОСТАНЦИИ «ПРИМА-МВ» 63

М.В. Иванов, Д.З. Кутумов, Д.А. Евсевичев, М.К. Самохвалов
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОМ НА АЭРОДРОМЕ БАРАТАЕВКА, Г. УЛЬЯНОВСК 67

Н.И. Иванова, Н.А. Меркулов, Л.И. Смолькина, Д.А. Фасхутдинова, В.С. Мошкин
РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ ДЛЯ СЕНТИМЕНТ-АНАЛИЗА ТЕКСТОВОГО КОНТЕНТА СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ..... 71

А.Е.Ивасев, К.В.Святов, Ю.А.Лапшов
ПЕРСОНАЛЬНАЯ БАЗА ОПЫТА ПРОЕКТИРОВЩИКА..... 79

Я.М. Иевлев, Е.Е. Перепелицына, В.Д. Юртанова
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА СПОРТИВНОЙ СЕКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДМЕТНОЙ ОНТОЛОГИИ..... 86

В.А. Калачев, М.В. Крутов
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛеНИЯ ТЕМАТИКИ ТЕКСТА ПО КОНТЕКСТУ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА..... 93

А.В. Кошкин, Ю.А.Лапшов
СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА ВОПРОСНО-ОТВЕТНОЙ ПАМЯТИ..... 100

А.В.Кошкин, Ю.А. Лапшов
ОНТОЛОГИЯ ЗАДАЧИ «СПОСОБЫ ИНТЕРАКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ БАЗАМИ ДАННЫХ В ВОПРОСНО-ОТВЕТНОЙ СРЕДЕ WIQA»..... 107

В.А. Лукинский
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНО ВЗВЕШЕННЫХ СКОЛЬЗЯЩИХ СРЕДНИХ ПРИ КОНТРОЛЕ ОЧИСТКИ ВОДЫ..... 115

К.К. Лыу, И.П. Ефимов
К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ШАГА РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОТОЧНОЫХ ПРИЕМНИКОВ ВОЗДУХНЫХ ДАВЛЕНИЯ В ПРОГРАММЕ ANSYS 119

Д.Г. Лямкин
REST API АРХИТЕКТУРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ С МЕХАНИЗМАМИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА 125

И.В. Макаров
АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ 130

Ф.Т.Мань, С.К. Киселёв
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ 138

А.А. Миков
УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫМИ СЕНСОРНЫМИ СЕТЯМИ НА ОСНОВЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКОГО ГРАФА 149

А.А. Мубинов А.В. Михеев[2] К.В. Святов, Ю.А.Лапшов
ШУМОПОДАВЛЕНИЕ В РЕЧЕВЫХ СИГНАЛАХ ЗА СЧЕТ ВЫЯВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ШУМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ..... 158

В.О. Окунев, А.В. Стародубцев, А.А. Лимаров, Д.А. Евсевичев, М.К. Самохвалов
МОДЕЛИРОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ НАЗЕМНОГО ДВИЖЕНИЯ..... 169

А.В. Паршин, А.Ф. Похилько
ИНТЕГРАЦИЯ РАСЧЕТНЫХ ОПЕРАЦИЙ СИСТЕМЫ MATHCAD В САПР КОМПАС 3D 174

А.А. Перцев, А.Н. Подобрий, В.В. Тимирзянов
О ПОДХОДЕ К ИЗВЛЕЧЕНИЮ ЗНАНИЙ ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ 176

Е.А. Полушкина, К.А. Субботина, А.В. Шакарян
ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МЕТРО ГОРОДА УЛЬЯНОВСКА ..17687

Л. К. Полуян, А. Б. Шамшев
РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «СПОРТИВНЫЙ ТРЕКЕР»..... 193

О.В. Сажникова, Е.И. Соколова, Д.В. Карсукова
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОДА ТЕКСТА С ДИАЛЕКТА КОМПЬЮТЕРНОГО ЯЗЫКА 200

В.А. Семенова,
ВЫБОР ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЭМПИРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОНТОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ 205

К.В.Святов, А.А.Аглиуллин, И.А.Тюгашев, Ю.А.Лапшов
ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПРОСОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНМИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ……..…211

К.Р. Семин, К.В. Святов, Ю.А. Лапшов
ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ПРЕГРАД ИЗ ОБЛАКА ТОЧЕК ЛИДАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 222

О.Ю. Сергеева
ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АЛГОРИТМА КУМУЛЯТИВНЫХ СУММ К НАРУШЕНИЮ СРЕДНЕГО УРОВНЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ 234

Д.С. Синчугов, Д.А. Умнов, Ю.Е. Кувайскова
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 237

М.Д. Сорокин, Р.Р. Девликамов, Д.А. Евсевичев, М.К. Самохвалов
СИМУЛЯТОР РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАВИСИМОГО НАБЛЮДЕНИЯ-ВЕЩАНИЯ 243

Н.Г. Сычков, А.Ф. Похилько
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ В САПР 247

А.В. Танькин, К.Б. Абулханов, К.В. Святов, Ю.А. Лапшов
ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ТОЧНОСТИ ФОРМУЛИРОВОК ЗАПРОСОВ В ВОПРОСНО-ОТВЕТНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ 249

Туан Ч.В., Киселев С.К
КОНТРОЛЬ ЦЕЛОСТНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ 260

П.Р. Финагеев
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ВО ВРЕМЕНИ ВЫХОДНЫХ И ТЕКУЩИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ 271

П.Б. Чигорев

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ С ПОМОЩЬЮ UX–ДИЗАЙНА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 278

П.Б. Чигорев

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ С ПОМОЩЬЮ UI–ДИЗАЙНА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ. 285

И.С. Шамионов, А.А. Перцев, А.Н. Подобрий
О ПЕРЕХОДЕ НА ПРЕИМУЩЕСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ..... 291

Д.А. Шарин
ПОИСК РОДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ В БАЗЕ ДАННЫХ РЕПРЕССИРОВАННЫХ..... 301

Т.А. Юкова, Ю.А. Лапшов
АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ПСЕВДОКОДОВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ..... 307

Т.А. Юкова, Ю.А. Лапшов
КОНЦЕПТУАЛЬНО-АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ПСЕВДО-КОДОВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ 314

Р.И. Юнусов, К.В. Святов, Ю.А. Лапшов
ВЫЯВЛЕНИЕ И СБОР ПРИЗНАКОВ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА С УСТРОЙСТВ НОСИМОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ..... 323

УДК 004.02

УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫМИ СЕНСОРНЫМИ СЕТЯМИ НА ОСНОВЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКОГО ГРАФА

А.А. Миков[25]

В работе рассматривается построение мобильных сенсорных сетей для наблюдения за территорией с помощью группы беспилотных летательных аппаратов, перемещающихся по согласованным траекториям в условиях стохастических возмущений. Разработан алгоритм автоматического управления сетью, произведена оценка его эффективности в зависимости от радиусов приёма-передачи и величины возмущений.

Введение

В настоящее время, с появлением интернета и значительным улучшением качества мобильной связи, всё большее значение приобретают мобильные компьютерные сети [1]. Такие сети характеризуются тем, что узлы в них меняют свое положение в пространстве. И изменяются, соответственно, расстояния между ними и их взаимное расположение. Это повышает эффективность сети: становится возможным большее покрытие для коммуникационной сети или увеличение области наблюдения для сенсорной сети [2], адаптация сети в условиях неровной местности, при наличии каких-либо препятствий для движения узлов [3].

В работе рассматривается модель компьютерной сети, узлы которой расположены на беспилотных летательных аппаратах, и задачей которой является патрулирование области, имеющей форму круга. Для выполнения задачи используются два типа дронов: наблюдатели и связисты. Задачей наблюдателей является непосредственно патрулирование области, каждый из них характеризуется радиусом обзора. Совместно их области обзора покрывают всю контролируемую территорию. Для создания целостной картины наблюдатели должны обмениваться между собой информацией, полученной в процессе патрулирования, посредством радиосигнала. Однако радиус приёма-передачи сигнала для связи с другими дронами у наблюдателей может быть недостаточен. В этом случае обмен происходит путем передачи информации через промежуточные дроны, роль которых играют дроны – связисты. Задачей связистов является поддержание связи между всеми дронами-наблюдателями и в

[25] *350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149, КубГУ, e-mail:a.a.mikov@mail.ru*

целом поддержание связности сети. У них нет задачи патрулирования территории, отсутствует затраты энергии на соответствующее оборудование, поэтому они могут нести на себе более мощное связное оборудование. Радиус приёма-передачи сигнала у них значительно больше, чем у наблюдателей.

В процессе функционирования мобильной сети возникает проблема сохранности связи между всеми узлами. При отдалении узлов друг от друга связь между ними ослабевает, поскольку узлы покидают зону уверенного приёма радиосигналов и постепенно переходят границу, после которой из-за шумов в радиоэфире связь между узлами становится, если не невозможной, то сильно затрудненной. Одним из решений такой проблемы является передача данных через промежуточные узлы. Но проблема все равно остается, если такой путь найти не удаётся, граф является несвязным. В этих случаях необходимы алгоритмы, поддерживающие работу сети. И эти алгоритмы становятся объектами многочисленных исследований [4]. Отдельно можно выделить алгоритмы управления движением узлов, поддерживающие связность сети путем увеличения или уменьшения скорости движения или изменения направления движения узлов.

Для исследования и разработки таких алгоритмов используют представление сети в виде динамического графа [5]. Основной задачей алгоритма является сохранение связности графа путём поиска мостов, количества и длин маршрутов. Чтобы эти алгоритмы тестировать, используют специальную модель случайных возмущений движения узлов, когда задается начальное расположение узлов, и, с течением времени, движение сопровождается случайными изменениями направления или скорости узла.

Математическая модель

Математическая модель сети состоит из динамического графа и математической модели пространства, в котором происходит движение узлов сети. Движение узлов предопределено конкретной целью – патрулирование области, соответственно в каждый момент времени происходит движение по необходимой траектории, а также возникает случайное возмущение движения в виде изменения скорости или направления движения. В данной модели у узлов также есть ограничения. Например, так как этими узлами являются беспилотные летательные аппараты, у них есть ограничения по скорости, ускорению, тангажу и углам поворота. Имеются также ограничения по минимальному расстоянию между узлами.

Над областью S перемещается N БПЛА двух типов. Наблюдатели и связисты. У наблюдателей есть зона покрытия, в то время как у связистов зоны покрытия нет. На дроне расположен узел компьютерной сети, принимающий и передающий сигналы. У наблюдателей дальность действия приёма-передачи сигнала меньше, чем у связистов. Скорости перемещения узлов подчиняются ограничениям.

В таблице 1 представлена конфигурация вершин графа: координаты *x* и *y* в декартовой системе (точка (0, 0) – центр области патрулирования) и координаты в полярной системе, а также тип аппарата.

Таблица 1. Характеристика расположения дронов

№	Тип	*x*	*y*	Полярный угол	Полярный радиус
0	Наблюдатель	4	0	0	4
1	Наблюдатель	0	4	90	4
2	Наблюдатель	-4	0	180	4
3	Наблюдатель	0	-4	270	4
4	Связист	3	1	18.4	3.16
5	Связист	1	3	71.5	3.16
6	Связист	-1	3	108.4	3.16
7	Связист	-3	1	161.6	3.16
8	Связист	-3	-1	198.4	3.16
9	Связист	-1	-3	251.5	3.16
10	Связист	1	-3	288.4	3.16
11	Связист	3	-1	341.6	3.16

Целью компьютерной сети является полное покрытие области наблюдения, а также поддержание связи со всеми узлами в сети. В рассматриваемой модели четыре дрона являются наблюдателями. Они расположены так, чтобы покрывать почти всю область наблюдения. Возможные слепые зоны быстро перестают быть таковыми из-за кругового движения дронов-наблюдателей.

На рисунке 1 представлено начальное расположение дронов-наблюдателей с визуализацией радиуса наблюдения и радиуса приёма-передачи сигнала. Они расположены строго на осях координат. Радиусы наблюдения почти полностью покрывают необходимую область, но радиосвязи между четырьмя БПЛА нет. Граф состоит из четырёх не связанных друг с другом вершин. Положим, что радиус приёма-передачи сигнала у наблюдателей равен 2, а радиус наблюдения – 5.

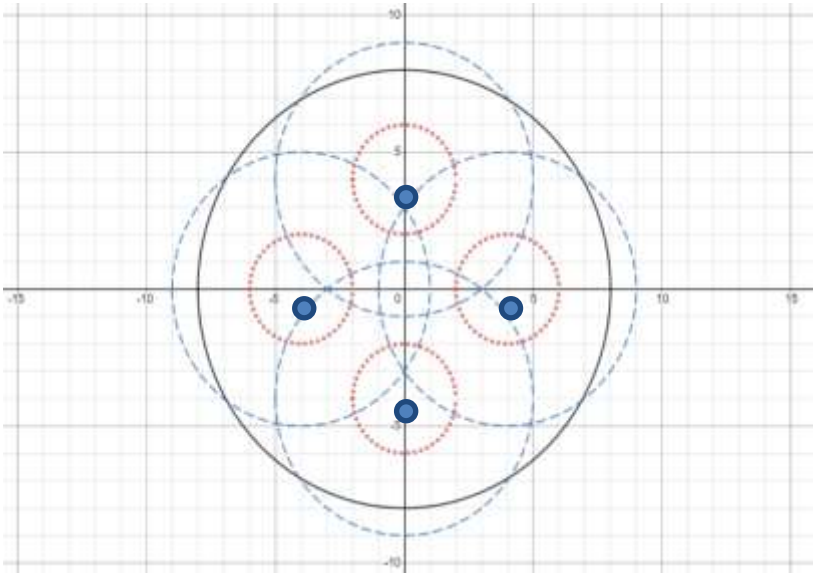

Рис. 1 Начальное расположение дронов в области патрулирования

Теперь, когда одна из задач (патрулирование) может быть реализована, необходимо задуматься о том, чтобы узлы сети имели связь друг с другом, чтобы динамический граф был связным. Сейчас к конфигурации добавляются восемь дронов-связистов, чтобы осуществить вторую необходимую задачу. На рисунке 2 представлена новая, дополненная конфигурация с визуализацией радиусов уверенного приёма-передачи сигнала как дронов-наблюдателей, так и дронов-связистов. Чтобы рисунок оставался читабельным, радиусы наблюдения у дронов-наблюдателей не показаны. Положим значение радиуса приёма-передачи сигнала связистов равным $\sqrt{10} \approx 3.16$.

Это значение является критическим, так как если радиус будет меньшей величины, то обеспечить связность динамического графа будет невозможно из-за выхода одних летательных аппаратов из зон уверенного приёма-передачи сигнала других летательных аппаратов.

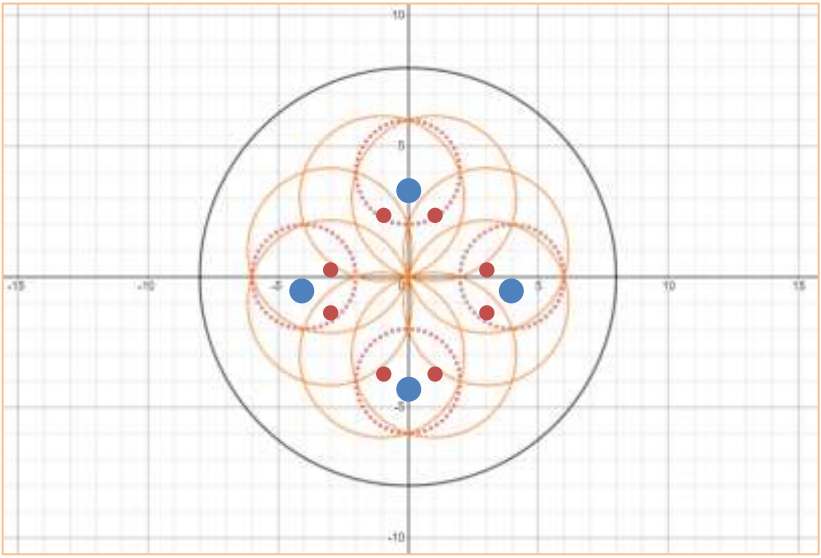

Рис. 2 Дополненное расположение в области патрулирования

При заданных радиусах динамический граф представляет собой цикл и является связным. Количество рёбер равно 16. Однако такая конструкция получается очень хрупкой, при отсутствии двух необходимых рёбер граф тут же развалится на несколько компонент связности.

Случайные возмущения

Рассмотрим искажение конфигурации системы за счёт случайных возмущений движения и отклонения траекторий узлов по отношению к расчётным траекториям. Покрытие в большинстве случаев будет нарушено, однако, за счёт того, что радиусы наблюдения выбраны так, чтобы покрывать как можно большую область, как можно меньшим количеством БПЛА, нарушение будет не критическим.

Связность оказывается очень хрупкой, так как даже при малейшем возмущении среднее время связности становится крайне малым.

Все возмущения представляли собой случайные векторы силы, независимые для разных узлов, не превышающие по модулю величины b. В зависимости от направлений движения узлов (а они все различны), эта сила производила различные эффекты: ускорение, торможение, сдвиг влево, сдвиг вправо или сочетание этих действий.

На рисунке 3 приведен график при b = 0.02. При расчетах случайные процессы представлялись псевдослучайными последовательностями, получаемыми из рекуррентных соотношений $u_i = a_1 u_{i-1} + a_2 u_{i-2} + a_3 u_{i-3} + \upsilon_i$ для угла и v_i =

$b_1 v_{i-1}+b_2 v_{i-2}+b_3 v_{i-3}+\omega_i$ для модуля скорости, с независимыми псевдослучайными величинами υ_i и ω_i и нулевыми начальными значениями.

Наборы коэффициентов устанавливались одинаковыми для всех узлов. Значения u_i и v_i менялись через определенный интервал времени.

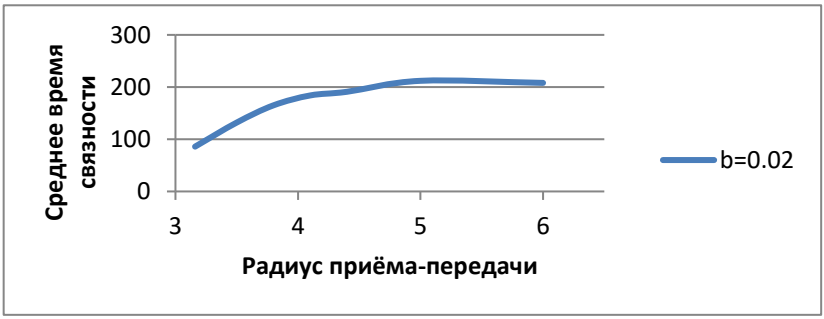

Рис. 3. Зависимость среднего времени связности от радиуса

Эта зависимость показывает, что значение времени связности растёт, с увеличением радиуса, быстрее, чем линейная функция.

Алгоритм управления движением

Чтобы граф дольше оставался связным, был использован алгоритм управления движением БПЛА[5]. Алгоритм заключается в следующем:

1. Устанавливается периодичность тестирования количества рёбер

Если количество рёбер становится меньше определённого значения, близкого к критическому, но им не являющегося, период проверки уменьшается в два раза

Если количество рёбер становится меньше критического или является равным ему, алгоритм проверяет граф на наличие мостов

Оценка длины моста и регулирование движения необходимых узлов

Управление сближением узлов, образующих мост, учитывает не только их взаимное расположение, но и их «идеальные» координаты – то положение в пространстве, которое у них было бы при движении в отсутствие возмущений. Если идеальные траектории двух узлов моста лежат между их реальными траекториями, то сближение производится в сторону идеальных траекторий и в нем участвуют оба узла. Если первая из идеальных траекторий находится между реальными траекториями, а вторая – вне реальных траекторий, то в сближении участвует только первый узел.

Такой подход в управлении способствует частичному восстановлению исходной конфигурации, разрушаемой случайными возмущениями. Наиболее сложный случай – когда обе идеальные траектории находятся вне реальных.

Тогда движение узлов в направлении идеальных траекторий приведет к увеличению длины моста и, в конечном счете, к потере связности графа. Правильным решением будет встречная корректировка движения узлов с сохранением их на реальных траекториях, т.е. сохранение радиусов, но встречное изменение углов: один узел должен увеличить скорость, а другой уменьшить.

На рисунке 4 приведены графики зависимостей среднего времени связности от величины радиуса приёма-передачи связиста и использования алгоритма управления.

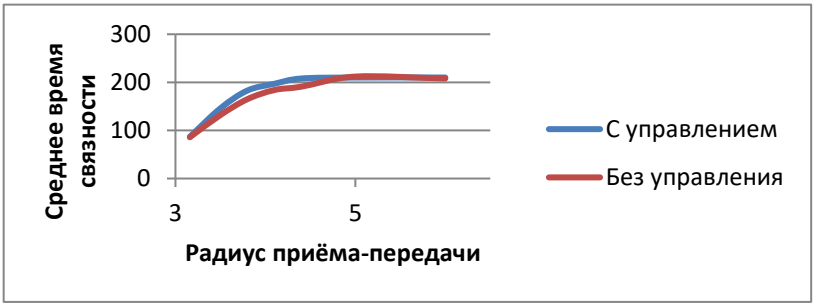

Рис. 4. Зависимость среднего времени связности от изменения радиуса приёма-передачи и использования алгоритма управления полётом

Графики построены для уровня возмущения: $b = 0.02$. При таком возмущении увеличение математического ожидания времени связности достигает 10%, однако это касается только радиусов больших, чем 3.5 и меньших 5.

При малых радиусах алгоритм управления даже не успевает быть задействованным, а при радиусах больших 5 алгоритм управления на связность не влияет, так как при таких величинах, в нем просто нет необходимости.

Искажение конфигурации

Рассмотрим случайные возмущения, например переменное движение ветра, и зависимость времени связности графа от радиусов приёма-передачи связистов. График зависимости связности от силы случайных возмущений и радиуса приёма-передачи представлен на рисунке 5.

Как можно видеть, начиная с определённого значения радиуса, время связности достигает максимума и начинается стагнация. При получении этих результатов было использовано управление полётом.

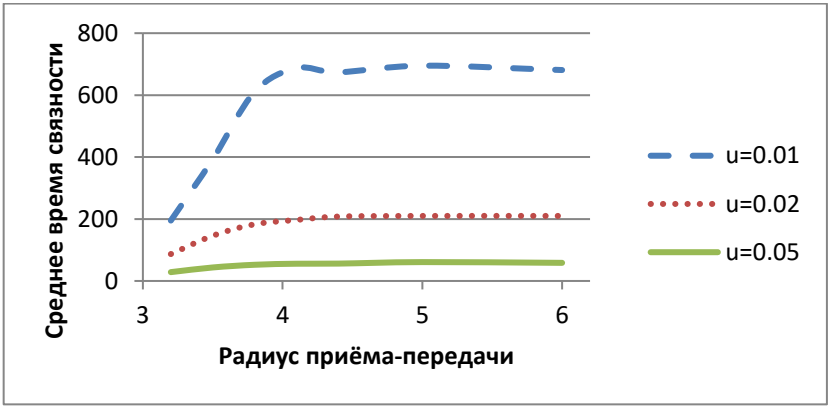

Рис. 5 Зависимость среднего времени связности от величины случайного возмущения и радиуса приёма-передачи дрона-связиста

До этого момента мы изменяли только радиусы приёма-передачи дронов-связистов. Теперь мы будем изменять радиусы уверенного приёма-передачи радиосигнала ещё и у наблюдателей. В таблицах 2 и 3 показана зависимость среднего времени связности от изменений радиусов приёма-передачи у связистов и наблюдателей для возмущений равных b = 0.02 и b = 0.05 соответственно.

Таблица 2. Зависимость времени связности от радиусов наблюдателей

b = 0.02	**Радиус наблюдателя: 2**	**Радиус наблюдателя: 3**	**Радиус наблюдателя: 4**
Радиус связиста: 3.5	146	250	450
Радиус связиста: 4.1	197	463	759
Радиус связиста: 5.0	210	658	1220

Таблица 3. Зависимость времени связности от радиусов наблюдателей

b = 0.05	**Радиус наблюдателя: 2**	**Радиус наблюдателя: 3**	**Радиус наблюдателя: 4**
Радиус связиста: 3.5	43.6	62.6	113
Радиус связиста: 4.1	55.7	98.9	158
Радиус связиста: 5.0	60.9	139	219

Очевиден тот факт, что при увеличении радиусов приёма-передачи математическое ожидание времени связности мобильной компьютерной сети тоже растёт.

Однако любопытно, что увеличение радиуса приёма-передачи у наблюдателей в 2 раза, влечёт увеличение математического ожидания времени связности почти в 4 раза.

Заключение

В работе адаптирован под описанную модель и исследован алгоритм автоматического управления компьютерной сетью, расположенной на группе БПЛА. Алгоритм реализует предсказательную математическую модель, ассоциируя возможную потерю связности динамического графа сети с появлением в нем мостов. Однако для описанной модели он показал эффективность порядка 10% для радиусов от 3.16 до 5. Это связано с тем, что алгоритм на малых радиусах не успевает быть активированным прежде, чем граф станет несвязным, а на больших в нём просто нет необходимости. Для увеличения эффективности управления требуется разработка алгоритмов, основанных на более раннем предсказании структурных свойств графа компьютерной сети.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-01-00359.

Список литературы

1. Rehman A. , Paul A. , Ahmad A., Jeon G. A novel class based searching algorithm in small world internet of drone network // Computer Communications. Vol. 157. 2020. Pp. 329-335.
2. Mishra B., Garg D., Narang P., Mishra V. Drone-surveillance for search and rescue in natural disaster // Computer Communications. Vol. 156. 2020. Pp. 1-10.
3. Alzahrani B., Oubbati O.S., Barnawi A., Atiquzzaman M., Alghazzawi D. UAV assistance paradigm: State-of-the-art in applications and challenges // Journal of Network and Computer Applications. Vol. 166. 2020. Article 102706.
4. Liu Y., Dai H.-N, Wang H., Imran M. UAV-enabled data acquisition scheme with directional wireless energy transfer for Internet of Things // Computer Communications. Vol. 155. 2020. Pp. 184-196.
5. Миков А.И., Миков А.А. Управление динамическими графами мобильных компьютерных сетей при случайных возмущениях // Информатизация и связь, 2020. № 2, с. 136-142, doi 10.34219/2078-8320-2020-11-2-136-142.