

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки: 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ): Отделение информационных систем и технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка протоколов маршрутизации самоорганизующихся мобильных сетей
УДК: 004.715:004.722.4.057.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Стаин Роман Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шерстнев В.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Конотопский В. Ю	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Горбенко М. В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Савельев А. О.	К.Т.Н		

Планируемые результаты обучения

Код результатов	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11)
Р1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,2; ПК-1; УК-1,4,6), критерий 5 АИОР (п. 1.1), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и представления информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,2,6,7; ПК-1,2,3,5,10; УК-1), критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р3	Демонстрировать способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,3,6; ПК-5,6; УК-1,6), критерий 5 АИОР (п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,4,6; УК-6), критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.2,2.6.), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р5	Владеть современными коммуникативными технологиями, в том числе на иностранном языке для академического и профессионального взаимодействия. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,3; УК-3,4,5; ПК-7,8,9). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р6	Использовать на практике умения и навыки в	Требования ФГОС ВО (3++)

Код результатов	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11)
	организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современных программных и информационных систем, в управлении коллективом. Способность организовывать и эффективно руководить работой команды проекта при разработке программных и информационных систем.	(УК-2,3,5; ПК-5,6,7,8,11; ОПК-1,8), критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P7	Разрабатывать стратегии проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости новых методов и средств проектирования и разработки программных систем.	Требования ФГОС ВО (3++) (УК-1,3; ПК-1,3,10; ОПК-2,4,6,7), критерий 5 АИОР (п. 2.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P8	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные (численные) исследования в области создания программных систем. Оценивать и выбирать вариант архитектуры программной/информационной системы.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,4,6,7; ПК-1,3,10; УК-1,3), критерий 5 АИОР (п. 1.4), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P9	Владеть методами и средствами инженерии требований к системам, управления качеством программного обеспечения и системной интеграции/модернизации программного обеспечения.	Требования ФГОС ВО (3++) (УК-1; ОПК-4,5,7; ПК-1,2,4,8,11). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P10	Владеть современными инструментальными средствами программирования и технологиями управления данными. Использовать их при разработке требований, при проектировании и создании программного обеспечения, информационных систем/автоматизированных систем управления производством.	Требования ФГОС ВО (3++) (ПК-1,2,4,5,7,9,11; ОПК-2,5,7; УК-2). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P11	Осуществлять проектирование и разработку веб и мультимедийных приложений в среде корпоративных и глобальных информационно-телекоммуникационных систем.	Требования ФГОС ВО (3++) (ПК-1,2,3,5,6,9,11; ОПК-2,4,5,7; УК-2,3,5). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P12	Осуществлять управление процессами внедрения/сопровождения (модернизации, интеграции) программных и информационных систем на основе принципов и методов системной инженерии.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-4,6,8; ПК-1,4,5,6,8,9,11; УК-2,3,4), критерий 5 АИОР (п. 2.6), соответствующий международным стандартам

Код результатов	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11)
		EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки: 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ): Отделение информационных систем и технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Мальчуков А.Н.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ81	Стаин Роман Владимирович

Тема работы:

Разработка протоколов маршрутизации самоорганизующихся мобильных сетей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	59-46/С от 28.02.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Требуется подробно исследовать протокол маршрутизации OLSR. Провести моделирование функционирования протокола маршрутизации в определенных условиях с различными параметрами сети.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Изучение материалов по теме MANET-сети. Изучение существующих распространенных протоколов маршрутизации в MANET-сетях. Обзор и изучение средств моделирования сетей. Подробное изучение и описание функционирования алгоритма маршрутизации OLSR. Моделирование для проверки эффективности OLSR. Анализ методов маршрутизации в сетях MANET и моделирование работы OLSR при разных методах.

	Моделирование функционирования OLSR в сетях класса FANET. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В. Ю.
Социальная ответственность	Горбенко М. В.
Раздел на иностранном языке	Маркова Н. А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Аналитический блок	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Шерстнев В.С.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Стаин Р.В.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки: 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ): Отделение информационных систем и технологий
 Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.11.2019 г	Постановка целей и задач	5
29.11.2019 г	Анализ предметной области. Составление и утверждение ТЗ. Разработка календарного плана	15
23.01.2019 г	Подбор и изучение материала. Обзор литературы	20
27.02.2020 г	Сравнение и анализ имеющихся протоколов маршрутизации	10
25.03.2020 г	Проведение моделирования работы протокола OLSR	20
20.04.2020 г	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
08.05.2020 г	Социальная ответственность	10
18.05.2020 г	Обязательное приложение на иностранном языке	5
30.05.2020 г	Оформление пояснительной записки	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИСТ	Шерстнев В.С.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Савельев А. О.	К.Т.Н		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ81	Стаин Роман Владимирович

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Разработка алгоритмического и программного обеспечения протоколов маршрутизации для формирования самоорганизующейся информационной сети и обеспечения информационного обмена между децентрализованными подвижными объектами.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Протокол маршрутизации OLSR, который используется в современных сетях типа MANET, который используется для связи и передачи данных узлов в самоорганизующейся сети.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования – ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Трудовые нормы: – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата. – Недостаточная освещённость рабочей зоны. – Превышение уровня шума. – Повышенный уровень электромагнитных излучений. – Электробезопасность. – Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника.
3. Экологическая безопасность:	Воздействие на окружающую среду вредными и опасными отходами.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Предотвращение возникновения пожароопасной ситуации. Возможные ЧС: - Пожар. - Поражение электрическим током. Наиболее распространенным, для офисных помещений, является ЧС в виде пожара.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Горбенко Михаил Владимирович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Стаин Роман Владимирович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ81	Стаин Роман Владимирович

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также величину тарифа на эл. энергию
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	–
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения (возможно временного) внутри существующей организации
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Диаграмма FAST 5. Матрица SWOT 6. График проведения и бюджет НТИ - <u>выполнить</u> 7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ - <u>выполнить</u> 8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Конотопский В. Ю.	к.э.н.		27.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Стаин Роман Владимирович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 92 страницы, 14 рисунков, 14 таблиц, 11 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: протокол маршрутизации, OLSR, MANET, сеть, моделирование, самоорганизующиеся сети, протокол, алгоритм, эффективность.

Объектом исследования данной работы является самоорганизующиеся сети MANET и протокол маршрутизации OLSR, для проведения моделирования эффективности функционирования протокола в различных сетях с различными параметрами сети.

Целью данной работы является проведение моделирования с целью выявления эффективности функционирования протокола маршрутизации OLSR в различных условиях, и анализ полученных результатов.

В результате исследований был проведен ряд моделирований, таких как моделирование, для вычисления эффективности выбранного алгоритма маршрутизации; моделирование протокола маршрутизации OLSR в самоорганизующихся сетях; моделирование работы протокола OLSR в сетях MANET.

На основании каждого моделирования и, в целом, были сделаны выводы об эффективности протокола OLSR

Оглавление

Введение.....	15
1. Актуальность исследования.....	17
2. Аналитический блок	18
2.1 Обзор и анализ протоколов маршрутизации MANET-сетей.....	18
2.1.1 Протокол HWMP.....	18
2.1.2 Протокол DSR	18
2.2 Обзор средств моделирования сетей	20
2.3 Обзор и анализ алгоритмов составления сети объектов.....	23
2.4 Выбор алгоритма составления сети объектов.....	25
2.4.1 Описание работы алгоритма.....	26
2.4.2 Рассылаемые сообщения.....	31
2.4.3 Формат хранения данных.....	32
3. Моделирование	35
3.1 Реализация OLSR в GNS-3.....	35
3.2 Работы в GNS-3	36
3.3 Эффективность OLSR.....	39
3.4 Анализ методов маршрутизации в самоорганизующихся сетях	41
3.5 Самоорганизующиеся сети FANET	42
4 Результаты	44
Заключение	45
5 Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность	46
5.1 Организация и планирование работ.....	46
5.1.1 Продолжительность этапов работ.....	47
5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	51
5.2.1 Расчет затрат на материалы	51
5.2.2 Расчет заработной платы	52
5.2.3 Расчет затрат на социальный налог	53
5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию.....	54
5.2.5 Расчет амортизационных расходов.....	55

5.2.6	Расчет прочих расходов	56
5.2.7	Расчет общей себестоимости разработки.....	56
5.2.8	Расчет прибыли.....	57
5.2.9	Расчет НДС.....	57
5.2.10	Цена разработки НИР.....	57
5.3	Оценка экономической эффективности проекта.....	58
6	Социальная ответственность	59
	Введение.....	59
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	60
6.2	Производственная безопасность	62
6.2.1	Микроклимат рабочего места.....	63
6.2.2	Освещенность рабочей зоны	64
6.2.3	Шум.....	68
6.2.4	Электромагнитное излучение.....	68
6.2.5	Опасность поражения током	69
6.2.6	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника	71
6.3	Экологическая безопасность	73
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	74
6.5	Выводы по разделу	75
	Список использованных источников	77
	Список используемых источников.....	79
	Приложение I.....	81

Введение

Телекоммуникационные сети и их архитектура имеет в своем распоряжении обширный выбор различных алгоритмов маршрутизации и протоколов маршрутизации. Это связано с высокой скоростью и интенсивностью развития беспроводных технологий во всем мире, которые представляют из себя беспроводные сети, либо сети с переменной топологией. Для таких сетей характерна сложная, постоянно изменяющаяся структура. Такие сети получили название MANET (Mobile Ad-hoc NetWorks). Так же, такие сети называют мобильными самоорганизующимися сетями и системами передачи данных. К таким сетям, на сегодняшний день, имеется очень большой интерес и ведется масштабное их развитие, и, все больше выделяется ресурсов на эти цели.

Сети данного типа уже применяются в различных сферах деятельности человека:

- Беспилотные автомобили (идея езды без аварий).
- Подводные/воздушные/наземные беспилотные аппараты (для работы в недоступных или опасных для человека местах).
- Телефоны/мобильные гаджеты (технология Wi-fi direct).
- Технология «умный дом» - множество устройств, соединённых в одну общую сеть с постоянным «общением» между ними [1].

Основным преимуществами сетей MANET является: скорость развертывания, низкая стоимость при высокой эффективности и, сети MANET, состоят из независимых мобильных устройств, которые могут подключаться к любым сетям в радиусе действия [2].

Целями данной работы является:

- Проведение анализа существующих протоколов маршрутизации в MANET-сетях.
- Проведение анализа недостатков MSNET-сетей.
- Обзор имеющихся средств моделирования сетей.

- Обзор алгоритмов составления сети.
- Подробное описание функционирования выбранного алгоритма маршрутизации (OLSR);

Задачами данной работы являются:

1. Моделирование для вычисления эффективности выбранного алгоритма маршрутизации;
2. Моделирование и анализ протокола маршрутизации OLSR в самоорганизующихся сетях.
3. Моделирование работы протокола OLSR в сетях FANET, для определения потери эффективности функционирования данных протоколов.

1. Актуальность исследования

На данный момент, беспроводные сети все охватывают почти все сферы жизни человека. MANET-сети являются основным типом сетей используемыми на сегодняшний день. Актуальность исследования сетей типа MANET связана с высокими темпами развития, постоянно растущим высоким в количестве устройств и развития технологий этих устройств. Устройств, функционирование которых завязано на долгой автономной работе, устройств, которые постоянно меняют свое состояние и положение в пространстве, переходят из одной беспроводной сети в другую. Такие устройства имеют различные скорости перемещения. Все эти устройства связывает между собой еще одна особенность – это необходимостью постоянного, бесперебойного обмена данными.

Как основное преимущество сетей типа MANET выделяют независимость. Такое преимущество предоставляет возможности к созданию сетей передачи данных без центрального контролирующего элемента. Такие сети позволяют поддерживать связь в местах с отсутствующей полноценной сетевой инфраструктурой. В этом случае, сети типа MANET имеют высокую полезность в местах с повышенным риском для человека.

Местами повышенного риска, как правило, являются места работы специализированных бригад, либо места работы удаленные от населенных пунктов без нормального стабильного транспортного сообщения. исследованиям ученых и другие.

Изначальная концепция полноценных сетей типа MANET подразумевает отсутствие возможности перехвата трафика и вмешательства, способного запретить распространения трафика в сети такого типа.

Само наличие задач, связанных с организацией MANET-сетей, говорит об актуальности данной работы. MANET-сети, активно используются человеком, в том числе и в повседневной жизни («беспилотные» автомобили, технологии «умный дом» и другие).

2. Аналитический блок

Задачей на работу в данном блоке является обзор нескольких существующих распространенных протоколов маршрутизации, существующих средств моделирования и подробное описание функционирования алгоритма протокола маршрутизации OLSR. Это необходимо для понимания того, с чем предстоит работать.

2.1 Обзор и анализ протоколов маршрутизации MANET-сетей

В данном подразделе будут рассмотрены 2 протокола маршрутизации, а так же описаны проблемы сетей MANET

2.1.1 Протокол HWMP

HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol) – гибридный протокол маршрутизации, который был создан при разработке протокола 802.11s [8]. Он же протокол Wi-fi. Данный протокол состоит из двух механизмов маршрутизации:

1. Дистанционно-векторной маршрутизации по запросу.
2. Механизмами маршрутизации работает на MAC-уровне.

Данная комбинация повышает эффективность алгоритма маршрутизации, и, оба механизма могут работать независимо или совместно, дополняя друг друга и повышая эффективность [3].

2.1.2 Протокол DSR

DSR (Dynamic Source Routing). В основе данного протокола маршрутизации лежит принцип формирования маршрута по требованию, при помощи инструментов широковещательной рассылки и адресации. В этом протоколе явная маршрутизация является основой функционирования, что не требует использования таблиц маршрутизации на промежуточных этапах. Из-за такого устройства алгоритма, нет нужды в периодической проверке маршрута. Формирование маршрутов происходит на моменте поступления

запроса к адресату. Сформированный маршрут содержится в обратном сообщении, которое отправляется с узла получателя запроса.

При отправке обратного сообщения к узлу отправителю, используется путь, который сохранялся от отправленных сообщений к этому же узлу, который хранится в кэш-памяти узла-получателя. Либо маршрут формируется на основании запроса, для чего требуется наличие симметричности канала. В случае успешного ответа, инициируется динамическая подстройка топологии сети [4].

2.1.3 Проблемы сетей MANET

Для оценки качества сетей и её каналов обмена информацией, используются следующие параметры:

1. Пропускная способность;
2. Задержка передачи информации.

По данным параметрам сложно оценить качество функционирование всей беспроводной сети, так как MANET сети состоят из большого количества узлов и каналов, соответственно. А данные параметры позволяют оценить качество между двумя узлами с одним каналом, и, этих параметров, недостаточно для полной оценки качества всей сети.

Так же, MANET сети имеют ряд других проблем, решение которых повысит качество сетевого взаимодействия между пользователями на высоком уровне.

1. Помехоустойчивость. Беспроводные сети, в текущем виде, имеют уязвимость к помехам.

2. Безопасность передаваемых данных. Безопасность информации всегда является важным элементом, так как может быть использована против владельца.

3. Общая пропускная способность сетей. Как правило, пропускная способность сильно зависит от устройства, с наименьшей пропускной способностью.

4. Эффективность применяемых методов и технологий, при маршрутизации [5].

2.2 Обзор средств моделирования сетей

Так как работа на реальном оборудовании не представляется возможным, для моделирования предполагается использование симулятора. Необходимо понять, какой из симуляторов подходит для проведения необходимых моделирований.

2.2.1 Сетевой симулятор NS-3 и GNS-3

Симулятор NS-3 (Network Simulator) целевым сетевым симулятором дискретных событий в первую очередь для научных и образовательных целей.

Ключевые моменты NS-3:

1. NS-3 является продуктом с открытым исходным кодом, и проект стремится поддерживать. Каждый пользователь может внести свои предложения по улучшению NS-3.

2. NS-3 не является обратно совместимым расширением NS-2; это новый симулятор. Оба симулятора написаны на языке C++ но NS-3-это новый симулятор, который не поддерживает API NS-2.

NS-3 является мощным инструментом по созданию моделей симуляций поведения телекоммуникационных сетей.

NS-3, как и другие симуляторы, позволяет решить главную проблему моделирование при использовании реального физического, это отсутствие необходимости в покупке данного дорогостоящего оборудования.

Создание моделей в симуляторах, для проведения имитационного моделирования, дает возможности проводить эксперименты без необходимости разворачивания реальной сети на оборудовании.

Ограничения размеров сети, при проведении моделирования в симуляторе, имеет ограничение в виде программных возможностей

симулятора. А так же, техническими возможностями устройства, на котором развернут симулятор.

В NS-3 имеет в своем распоряжении библиотеки, с помощью которых возможно формировать сети различных топологий и типов, функционирующие на разных протоколах. Наличие таких библиотек позволяет проводить различные эксперименты. Они могут проводиться с моделированием движущихся узлов сети, объектами в двух-трехмерном пространстве. Эти библиотеки, в том числе, позволяют проводить моделирование сетей смешанных топологий и различной сложности.

Особенности NS-3, по отношению к другим программам – симуляторам сетей:

1. NS-3 представляет собой набор библиотек, которые могут быть объединены вместе, а также с другими внешними библиотеками программного обеспечения. Другие решения представляют решение с интегрированными компонентами, без возможности изменений. NS-3 – это модульное решение.

2. NS-3 в основном используется на системах Linux или macOS, хотя поддержка существует для фреймворков Windows, которые могут создавать код Linux, например. Работа с Visual Studio, в настоящее время, не поддерживается, хотя разработчик работает о будущей поддержке. Пользователи Windows могут использовать виртуальную машину Linux, для работы с симулятором.

3. NS-3 не является официально поддерживаемым программным продуктом какой-либо компании. Поддержка для NS-3 осуществляется на основе наилучших усилий на форуме пользователей NS-3.

На основании симулятора NS-3 был создан симулятор GNS-3 (Graphical Network Simulator), который имеет графическую оболочку и способен функционировать на операционных системах семейства Windows.

Однако, GNS-3 имеет некоторые ограничения по функционалу и не может стабильно функционировать.

Так как GNS-3 является некоторым вариантом развития NS-3, реализацию функций является одинаковой.

2.2.2 Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer представляет из себя многофункциональный симулятор сетей, предназначенный для проведения экспериментов поведения сети при различных сценариях функционирования. Packet Tracer имеет в своем функционале возможности моделирования, визуализации и другие. Он предназначен, в-первую очередь, для работы специализированных преподавателей при обучении студентов.

Packet Tracer является дополнением физическое оборудование. Его функционал позволяет создавать модели сетей и настройку оборудования без использования реального оборудования, в то время, как его интерфейс предоставляет максимально приближенный интерфейс оборудования компании Cisco. Packet Tracer, как и GNS-3 позволяет создавать сети, размер которых ограничен возможностями симулятора и техническими возможностями устройства. Однако, Packet Tracer имеет меньший функционал по сравнению с NS-3 и GNS-3, но стабильно функционирует.

Packet Tracer бесплатно предоставляется инструкторам, студентам, выпускникам и администраторам сетевой академии, зарегистрированных в качестве пользователей NetSpace.

Packet Tracer предназначен для:

1. Просто интересующихся сетевыми технологиями
2. Слушатели курсов CCNA, CCNA Security и CCNP
3. Инженеры, преподаватели и инструкторы
4. Интересующиеся технологиями Интернета вещей

Для чего используется Packet Tracer:

1. Создание виртуальных сетей
2. Проверка новых идей при построении инфраструктур, управлении ими и обеспечении их безопасности

3. Визуализация внутренних процессов в режиме реального времени

4. Применение навыков в рамках лабораторных и интерактивных занятий

Исходя из выше описанного, для дальнейшего использования выбран симулятор GNS-3, так как он обладает достаточно большим функционалом, который удовлетворяет необходимым требованиям, а так же, имеет графическую оболочку и способен работать на системах семейства Windows.

2.3 Обзор и анализ алгоритмов составления сети объектов

Алгоритм маршрутизации, любой, который используется в сети, служит для определения наилучшего маршрута по доставки пакетов с данными от узла-источника отправки данных к узлу-приёмнику этих данных. Такие алгоритмы лежат в основе любого протокола маршрутизации. Сейчас, при формировании алгоритмов маршрутизации, рассматриваемая сеть принимается как граф. В этом графе узлами является маршрутизатор, а рёбрами данного графа являются соединения между маршрутизаторами. В таком виде стоимость грани графа будет являться скоростью передачи данных по этой линии.

Протокол маршрутизации является сетевым протоколом. При использовании протоколов маршрутизации исчезает необходимость ручного задания допустимых маршрутов, за счет автоматизации определения возможных путей для передачи данных на маршрутизаторах, в компьютерной сети. Такая автоматизация имеет положительный эффект в виде значительного снижения ошибок при составлении маршрута и обеспечивает согласованность действий всех маршрутизаторов в сети.

Все протоколы маршрутизации делятся на разные типы. Тип зависит от используемых механизмов формирования таблиц маршрутизации. В ad hoc-сетях, как и в используемых в данных сетях протоколах маршрутизации

выделяют три типа протоколов: проактивные (табличные), реактивные (по требованию) и гибридные (комбинированные).

Проактивные или табличные (proactive, table-driven), где построение таблиц маршрутизации, и постройка самих маршрутов после, основаны на периодически рассылаемых по всем каналам, ко всем узлам служебных сообщений. Такие служебные сообщения содержат информацию о текущей топологии сети, на основании которой узлы строят маршруты остальных узлов сети и сохраняют их в таблице маршрутизации.

Механизмы проактивных протоколов позволяют сделать минимальную задержку при отправке пакетов узлами, за счет использования заранее составленных таблиц маршрутизации. Однако, данная особенность выдает значительную нагрузку на сеть, что бы поддерживать таблицы маршрутизации актуальными, что значительно понижает пропускную способность всей сети.

Реактивные протоколы, или работающие по требованию (reactive, on-demand) формируют маршруты, используя механизмы широковещательных запросов, для рассылки узлами-отправителями, при принятии которых узлы – адресаты обратно передают сообщения подтверждения. Данные подтверждения являются основанием для узла-отправителя по строительству маршрута. Одновременно, построенный маршрут, сохраняется в его таблице маршрутизации, что используется при повторных передачах пакетов данному адресату. Если обнаруживается ошибка в одном из ранее сохраненных маршрутов, то запускается процедура поиска нового маршрута до требуемого адресата. Данные протоколы значительно меньше нагружают сеть, что позволяет освободить пропускную способность сети, для передачи данных, непосредственно. Но, такой механизм, вносит значительную задержку на стадии определения маршрутов между узлами, и при обнаружении нерабочего маршрута, который был ранее сохранен.

Гибридные протоколы (hybrid). Протоколы, механизмы которых сочетают в себе механизмы формирования таблиц маршрутизации, которые

используются в проактивных и реактивных протоколах. Как примет, когда в большой сети отдельно выделяются подсети. Для таких выделенных подсетей может использоваться один из проактивных протоколов маршрутизации, Однако. Сама маршрутизация между выделенными подсетями производится при помощи одного из реактивных протоколов. Использование гибридных протоколов позволяет снизить размер таблиц маршрутизации узлов внутри соответствующих подсетей и уменьшает объёмы текущей служебной информации, за счет разделения данной информации по конкретным сетям, высвобождая значительные ресурсы сети.

В данной работе рассматривается и моделируется проактивный протокол маршрутизации, Также внимание при выборе протокола акцентировалось на скорости передачи данных и пакетов для построения карты сети. Время передачи должно быть минимальным. Наиболее популярным проактивным протоколом является протокол OLSR. Далее рассмотрен этот протокол более подробно.

2.4 Выбор алгоритма составления сети объектов

Среди имеющихся алгоритмов маршрутизации был выбран проактивный протокола маршрутизации OLSR.

Особенности протокола OLSR:

- Необходимый маршрут передачи данных доступен немедленно.
- Узлы распространяют информацию о каналах с соседними узлами, которые находятся в их наборе многоточечных ретрансляторов.
- Уменьшается лавинная маршрутизация путем использования только многоточечных узлов ретрансляторов для посылки информации по сети.
- Не требует надежности передачи, так как периодически посылаются обновления.
- Не требует доставки строго по порядку, так как используются порядковые номера, чтобы предотвратить неверную интерпретацию устаревшей информации.

- Использование hop-by-hop маршрутизации, то есть маршруты основаны на компонентах динамических таблиц, поддерживаемых на промежуточных узлах [11].

2.4.1 Описание работы алгоритма

OLSR основан на механизме широковещательной рассылки для обновления информации о топологии сети. Особенностью протокола является то, что эта информация известна каждому узлу сети. В OLSR узел сети отправляет своим узлам-соседям так называемое HELLO-сообщение, которое дальше не рассылается. Изменение в топологии сети узлы обнаруживают с помощью принятых HELLO-сообщений от соседей.

Узел сообщает своим соседям о доступных ему связях. Каждый абонент сохраняет у себя информацию о своих одношаговых (neighbors)[6] и двухшаговых соседях (two-hop neighbors)[7].

На первых этапах (когда узел только подключился к сети) в HELLO-сообщениях рассылаемых узлом поля «Соседи», «Ретрансляторы», «Селекторы» будут пустыми. Позднее, после получения узлом HELLO-сообщений от других узлов, должны пополняться (изменяться) список соседей и список селекторов. Тогда при последующих отправках HELLO-сообщений узел будет информировать соседние узлы (находящиеся в его радиусе действия) об имеющихся соседях и списке ретрансляторов.

Список соседей изменяется следующим образом: каждый раз после получения HELLO-сообщения осуществляется поиск узла, от которого было получено сообщение, в имеющемся списке соседей. Если такого узла ещё нет, то он добавляется в список, в противном случае ничего не происходит.

Список селекторов изменяется следующим образом: Узел, получивший HELLO-сообщение, просматривает полученный список ретрансляторов. Если узел находит себя в этом списке, то записывает узел, от которого было получено сообщение в список своих селекторов. Если узел, от которого получено сообщение, уже присутствует в списке селекторов, то

данный узел не добавляется, чтобы избежать повторов. Если же самого узла нет в полученном списке ретрансляторов, но в его списке селекторов есть узел, от которого получено сообщение, то последний узел исключается из списка селекторов. В список селекторов входят узлы, которые выбрали текущий узел в качестве ретранслятора.

Каждый раз после изменения списка соседей узел должен заново определять список своих ретрансляторов. Ретрансляторами узла А считаются его узлы-соседи, через которые можно добраться до всех соседей узла А, отстоящих от него не более чем на два прыжка (hop).

Отправка HELLO-сообщений производится с заданным интервалом. В случае, если в течение определенного времени узел не принимает HELLO-сообщение от соседа, то связь с ним считается разорванной. Соответствующее изменение вносится в таблицу топологии сети абонента. Помимо всего в сети узлы периодически передают широковещательное TC-сообщение (topology control). В этом сообщении содержится информация о соединении абонента с одношаговыми соседями.

Алгоритм выбора ретрансляторов: используя списки соседей, полученные в HELLO-сообщениях от соседних узлов, узел должен заполнить свой набор соседей, доступных через 2 прыжка. После этого из полученных наборов можно найти висячие узлы (узлы, имеющие только одного соседа), которые встречаются только один раз, и сразу добавить в список ретрансляторов узлы, через которые они доступны. После этого идет проверка: все ли узлы из составленных списков доступны через добавленных ретрансляторов, если да, то набор ретрансляторов найден; если нет, тогда осуществляется дальнейший поиск ретрансляторов и снова проверка.

По полученной информации из TC- и HELLO-сообщений, узел строит граф, который описывает представление о построении сети для данного узла. С помощью этого графа строится таблица кратчайших путей передачи информации до каждого узла. Очевидно, что в таком способе организации связи между узлами есть существенный недостаток. Естественна ситуация,

когда двухшаговый сосед может являться одношаговым для двух и более одношаговых соседей передающего узла. Тогда создается ситуация, в которой двухшаговый сосед будет получать одно и то же HELLO-сообщение несколько раз. Для решения таких ситуаций в OLSR предусмотрен метод оптимизации рассылки сетевой информации о состояниях Multipoint Relay (MPR). По таблице топологии сети узел выбирает таких одношаговых соседей (MPR_Relay) с симметричной связью, которые являются одношаговыми соседями хотя бы одному двушаговому соседу данного узла. Этот метод позволяет уменьшить трафик широковещательной рассылки [10].

Общая блок-схема работы алгоритма:

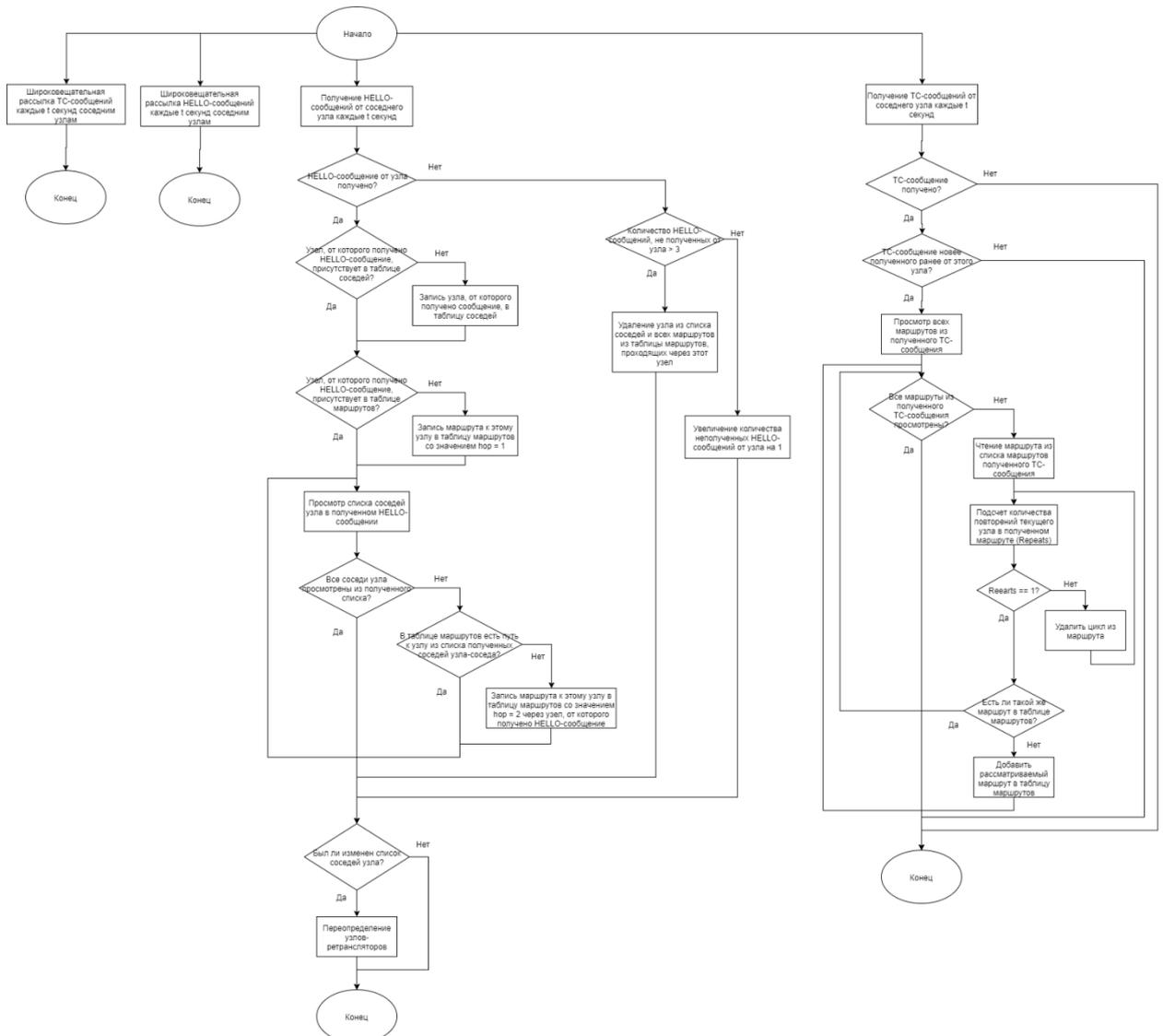


Рисунок 2.1 – Общая схема работы алгоритма

Узел должен обрабатывать все полученные сообщения ТС (ТС – Topology Control). Эти сообщения создают только узлы-ретрансляторы (узлы, у которых набор селекторов не пустой). Через каждые t секунд происходит рассылка всем узлам-соседям ТС-сообщений, но дальше эти сообщения пересылают только те узлы, у которых отправитель сообщения принадлежит его набору MS (набору селекторов).

Рассмотрим работу алгоритма на примере:

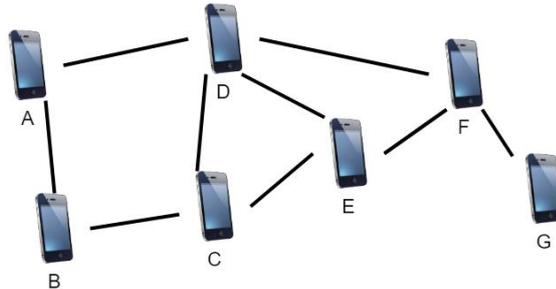


Рисунок 2.2 – Карта узлов сети

Оптимальные наборы многоточечных ретрансляторов (Multipoint Relay - MPR(N)) для каждого узла:

$MPR(A) = \{4\}$	$MS(A) = \{\}$
$MPR(B) = \{3\}$	$MS(B) = \{\}$
$MPR(C) = \{4\}$	$MS(C) = \{2,4,5\}$
$MPR(D) = \{3,6\}$	$MS(D) = \{1,3,5,6\}$
$MPR(E) = \{3,4,6\}$	$MS(E) = \{\}$
$MPR(F) = \{4\}$	$MS(F) = \{4,5,7\}$
$MPR(G) = \{6\}$	$MS(G) = \{\}$

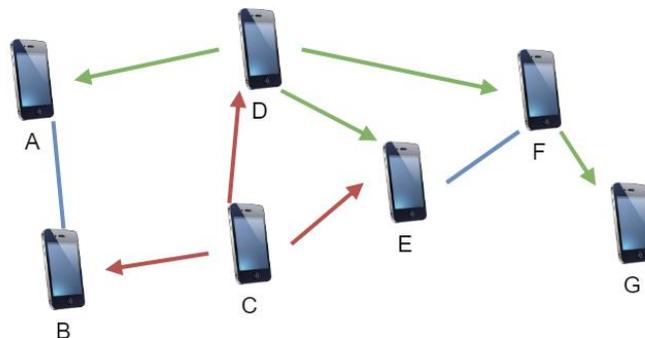


Рисунок 2.3 – Рассылка ТС-сообщения от Узла С

Узел С создает сообщение ТС, объявляя узлы в $MS(C) = \{2, 4, 5\}$.

Узел D отправляет дальше сообщение ТС Узла C, так как Узел C принадлежит $MS(D) = \{1, 5, 6\}$.

Узел F перенаправляет $TC(C)$, так как Узел D принадлежит $MS(F)$.

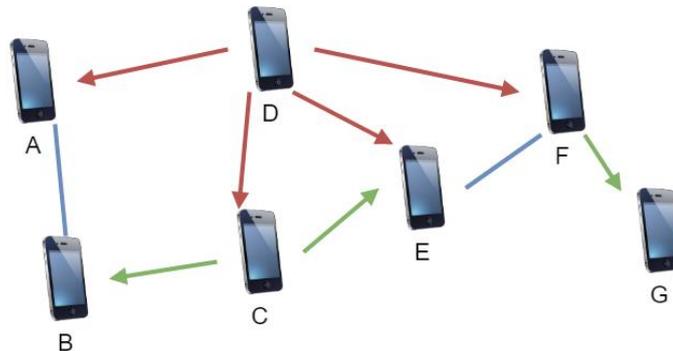


Рисунок 2.4 – Рассылка ТС-сообщения от Узла D

Узел D создает сообщение ТС, объявляя узлы в $MS(D) = \{1, 3, 5, 6\}$.

Узлы C и F перенаправляют $TC(D)$, так как Узел D принадлежит $MS(C)$ и Узел D принадлежит $MS(F)$.

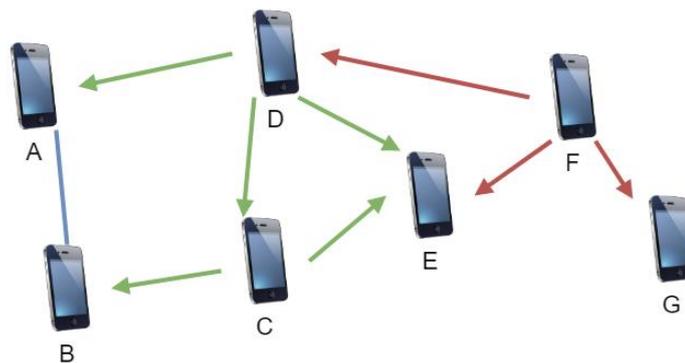


Рисунок 2.5 – Рассылка ТС-сообщения от Узла F

Узел F создает сообщение ТС, объявляя узлы в $MS(F) = \{4, 5, 7\}$.

Узел D перенаправляет $TC(F)$ от узла F, а Узел C направляет $TC(F)$ от узла D.

После того, как узлы C, D, и F создали сообщения ТС, все узлы имеют информацию для маршрутизации о состоянии каналов в любом узле.

Получив информацию ТС, каждый узел формирует топологическую таблицу. Таблица маршрутов рассчитывается из топологической таблицы. Следует отметить, что канал А–В виден только узлам В и С.

Топологическая таблица для Узла С:

Destination	Next	Hops
1	4	2
2	2	1
4	4	1
5	5	1
6	4 (5)	2
7	4 (5)	3

2.4.2 Рассылаемые сообщения

В HELLO-сообщение содержит в себе: Тип сообщения и MAC адрес узла источника, список адресов доступных соседей для узла источника.

Содержание HELLO-сообщений:

Тип сообщения	Узел-источник	Соседи	Ретрансляторы	Селекторы
HELLO = 0 (1 байт)	MAC-адрес (12 байт)	Список MAC-адресов (0-256 байт * 12 байт)	Список MAC-адресов (0-256 байт * 12 байт)	Список MAC-адресов (0-256 байт * 12 байт)

Оценка веса Hello-сообщения и времени его передачи:

Минимум 13 байт – вес одного сообщения.

Максимум 9 229 байт – вес одного сообщения.

Примерно оценим максимальное время, необходимое на передачу HELLO-сообщений:

Стандарт IEEE 802.11b, который был принят в 1999 году, и продолжительное время являлся самым распространённым, который стал базой для построения большинства локальных сетей. В настоящее время, этот стандарт заменил новый стандарт IEEE 802.11g. Однако, IEEE 802.11g вытесняемый стандарт IEEE 802.11n, который имеет более высокие характеристики по передаче данных. Стандарт IEEE 802.11b предусматривает использование диапазона частот 2,4 ГГц. Скорость передачи — до 11 Мбит/с.

Время передачи = $(9\ 229 * 8) \text{ (бит)} / (11 * 2^{20}) \text{ (бит/с)} = 6\ 714,2 * 2^{(-20)} \text{ с}$
 $= 6,712 * 2^{(-20)} \text{ мс.}$

ТС-сообщение содержит в себе список объявленных соседних узлов и порядковый номер сообщения, который нужен для поддержания новизны информации.

Содержание ТС-сообщений:

Тип сообщения	Порядковый номер сообщения	Узел-источник	Соседи
ТС = 1 (1 байт)	MAC-адрес + время (час:мин:сек) (12 байт+6 байт)	MAC-адрес (12 байт)	Список MAC-адресов (0-256 байт * 12 байт)

Оценка веса ТС-сообщения и времени его передачи:

Если использовать в передаваемых сообщениях, к примеру, формат времени " HH:mm:ss", на выходе получим строку 12:08:56, которая займет 6 байт памяти.

Минимум 31 байт – вес одного сообщения.

Максимум 3 103 байт – вес одного сообщения.

Примерно оценим максимальное время, необходимое на передачу HELLO-сообщений:

Стандарт IEEE 802.11b (принят в 1999 году) предусматривает использование диапазона частот 5,5 ГГц. Скорость передачи — до 11 Мбит/с.

Время передачи = $(3\ 103 * 8) \text{ (бит)} / (11 * 2^{20}) \text{ (бит/с)} = 6\ 727,3 * 2^{(-20)} \text{ с}$
 $= 2,256 * 2^{(-20)} \text{ мс.}$

Также был определен формат хранимых данных.

2.4.3 Формат хранения данных

Типы сообщений должны быть представлены в виде 0 и 1 с целью экономии памяти каждого сообщения. Предполагается всего два вида сообщений: 0 – HELLO-сообщения; 1 – ТС-сообщение. Будет использоваться тип переменной – byte.

Каждый узел должен быть идентифицирован с помощью соответствующему ему MAC-адресу, который хранится в виде строки String.

Списки соседей, ретрансляторов и селекторов должны храниться в виде списков экземпляров класса Node (с англ. «узел»), содержащего поле типа строка (MAC-адрес) (должна присутствовать возможность добавления полей, например, статус узла (доступен или нет)) (в Java это параметрический класс ArrayList, который характеризует динамические массивы).

Порядковый номер сообщения, который состоит из MAC-адреса узла и времени отправки сообщения, в ТС-сообщениях также должен храниться в виде строки String.

Таким образом, каждый узел должен хранить следующую информацию:

1. Общая информация:

Текущий узел	Соседи	Ретрансляторы	Селекторы	Соседи соседей (узлы через 2 прыжка)
MAC-адрес (12 байт)	Список MAC-адресов (0-256 байт * 12 байт)	Список MAC-адресов (0-256 байт * 12 байт)	Список MAC-адресов (0-256 байт * 12 байт)	Список формата Map (0-256 байт * 12 байт)

Соседи соседей (узлы через 2 прыжка) должны быть представлены в формате Map (на языке Java это аналогично Dictionary), где ключом (key) будет сам узел-сосед, а значением (value) будет список экземпляров класса Node.

2. Топологическая таблица, которая формируется после получения ТС-сообщений:

Доступные узлы	Промежуточный узел	Количество прыжков до узла
Список MAC-адресов (0-256 байт * 12 байт)	Список списков MAC-адресов (0-256 байт * 12 байт)	Число (0-256 байт)

В поле «Доступные узлы» топологической таблицы записываются все узлы, до которых есть путь из текущего узла. В список промежуточных узлов

вносятся узлы-соседи текущего узла, через которые можно добраться до соответствующего узла из списка доступных. Промежуточных узлов до определенного доступного узла может быть несколько. Количество прыжков – это количество шагов, которые нужно пройти, чтобы достичь нужного узла.

В выполнении раздела были рассмотрены два существующих протоколов маршрутизации, возможные к использованию средства моделирования и выбрано одно из них для дальнейшей работы с ним, а также подробно описан алгоритм функционирования протокола маршрутизации OLSR.

3. Моделирование

3.1 Реализация OLSR в GNS-3

Так как GNS-3 основан на NS-3, реализация протокола является одинаковой для обоих симуляторов, следовательно, можно рассмотреть реализацию протокола OLSR и функций симулятора на основании библиотек NS-3.

Рассмотрим реализацию протокола OLSR. В NS-3, реализация данного протокола расположена в файле с названием «simplepoint-to-point-olsr.cc.»

LogComponentEnable это функция вывода процесса исполнения.

```
#if 0
    LogComponentEnable ("SimpleGlobalRoutingExample",
LOG_LEVEL_INFO);
#endif
```

Размер пакета (**PacketSize**) и скорость передачи данных (**DataRate**), являются одними из основных параметров при настройке сети для передаваемых пакетов данных. Эти параметры имеют высокое влияние на как производительности сети, так и на загруженность устройства, на котором строится симуляция, следовательно, их необходимо корректировать и активно использовать.

```
Config::SetDefault ("ns3::OnOffApplication::PacketSize",
    UintegerValue (210));
Config::SetDefault ("ns3::OnOffApplication::DataRate",
    StringValue ("448kb/s"));
```

NodeContainer: Данная функция применяется при создания сети для связывания между собой различных узлов сети. Количество узлов для построения сети задается в качестве параметра функции с.Create. Соединения узлов задаются путем установки несимметричных каналов между конкретными двумя узлами: **NodeContainer n («узел №1»)(«узел№2») ...**

(c.Get («номер начального узла»), c.Get («номер конечного узла»)); если для какого-либо из узлов не будет указано соединение, то он просто не будет участвовать в моделировании сети.

```
NodeContainer c;
```

```
c.Create (6);
```

```
NodeContainer n02 = NodeContainer (c.Get (0), c.Get (2));
```

```
NodeContainer n12 = NodeContainer (c.Get (1), c.Get (2));
```

```
NodeContainer n32 = NodeContainer (c.Get (3), c.Get (2));
```

```
NodeContainer n34 = NodeContainer (c.Get (3), c.Get (4));
```

```
NodeContainer n54 = NodeContainer (c.Get (5), c.Get (4));
```

Подключение **Ipv4** адресного помощника, при помощи которого можно назначить узлам ip-адреса.

```
Ipv4AddressHelper ipv4;
```

```
ipv4.SetBase ("10.1.1.0", "255.255.255.0");
```

```
Ipv4InterfaceContainer i02 = ipv4.Assign (nd02);
```

```
ipv4.SetBase ("10.1.2.0", "255.255.255.0");
```

```
Ipv4InterfaceContainer i12 = ipv4.Assign (nd12);
```

```
ipv4.SetBase ("10.1.3.0", "255.255.255.0");
```

```
Ipv4InterfaceContainer i32 = ipv4.Assign (nd32);
```

```
ipv4.SetBase ("10.1.4.0", "255.255.255.0");
```

```
Ipv4InterfaceContainer i34 = ipv4.Assign (nd34);
```

```
ipv4.SetBase ("10.1.5.0", "255.255.255.0");
```

```
Ipv4InterfaceContainer i54 = ipv4.Assign (nd54);
```

3.2 Работы в GNS-3

Так как GNS-3 является симулятором с графическим интерфейсом, некоторые этапы работы упрощаются, в частности, добавление новых образов маршрутизаторов, которые являются узлами будущей сети (рисунок 3.1). А так же, требуется меньшая первоначальная настройка интерфейса.

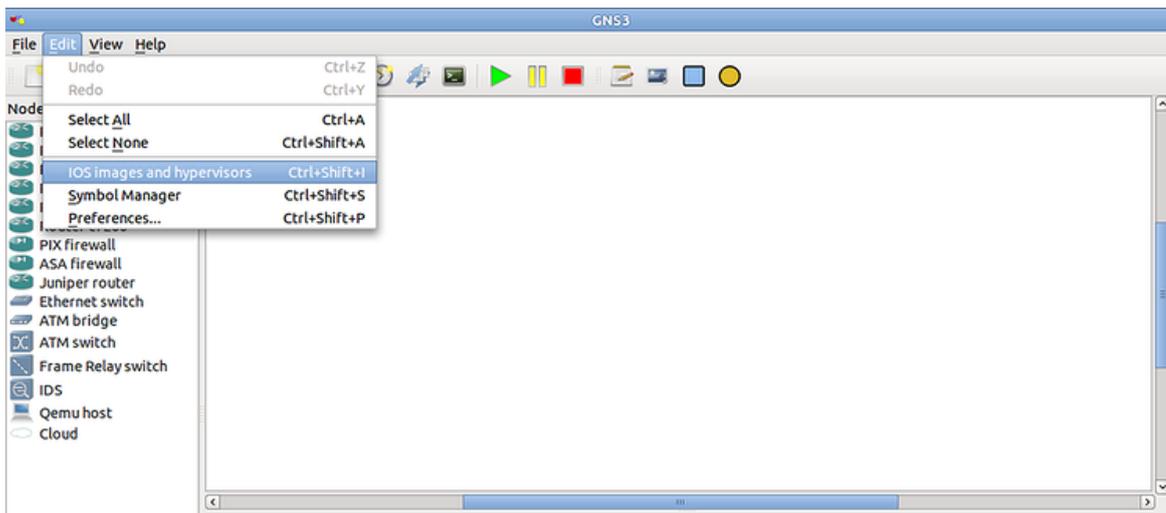


Рисунок 3.1 – Добавление нового образа

При добавление нового образа, необходимо выбрать расположение файла, из которого этот образ и будет загружен, что изображено на рисунке 3.2.

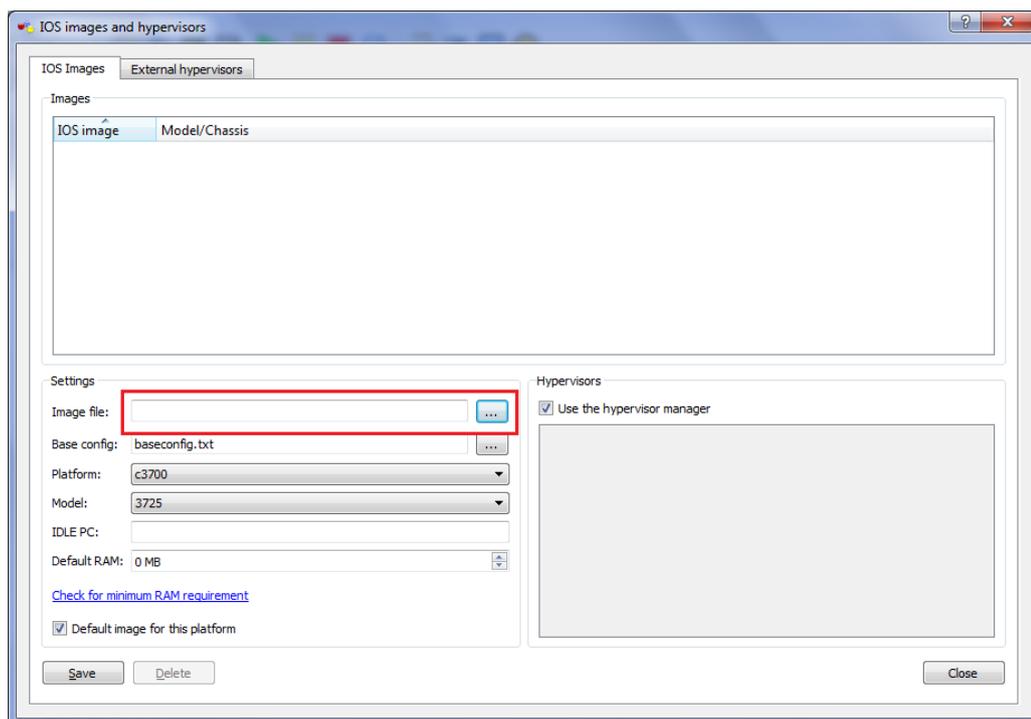


Рисунок 3.2 – Выбор расположения файла с образом маршрутизатора

После выбора необходимого файла и подтверждения его загрузки, будут автоматически выставлены рабочие параметры, которые можно скорректировать, если имеется возможно для данного образа. Возможные корректируемые параметры это платформа, модель, выделяемая оперативная память и базовая конфигурация. Не все параметры могут быть доступны для

редактирования, это зависит от загружаемого образа (рисунок 3.3). Так же, GNS-3 может не выставить настройки автоматически.

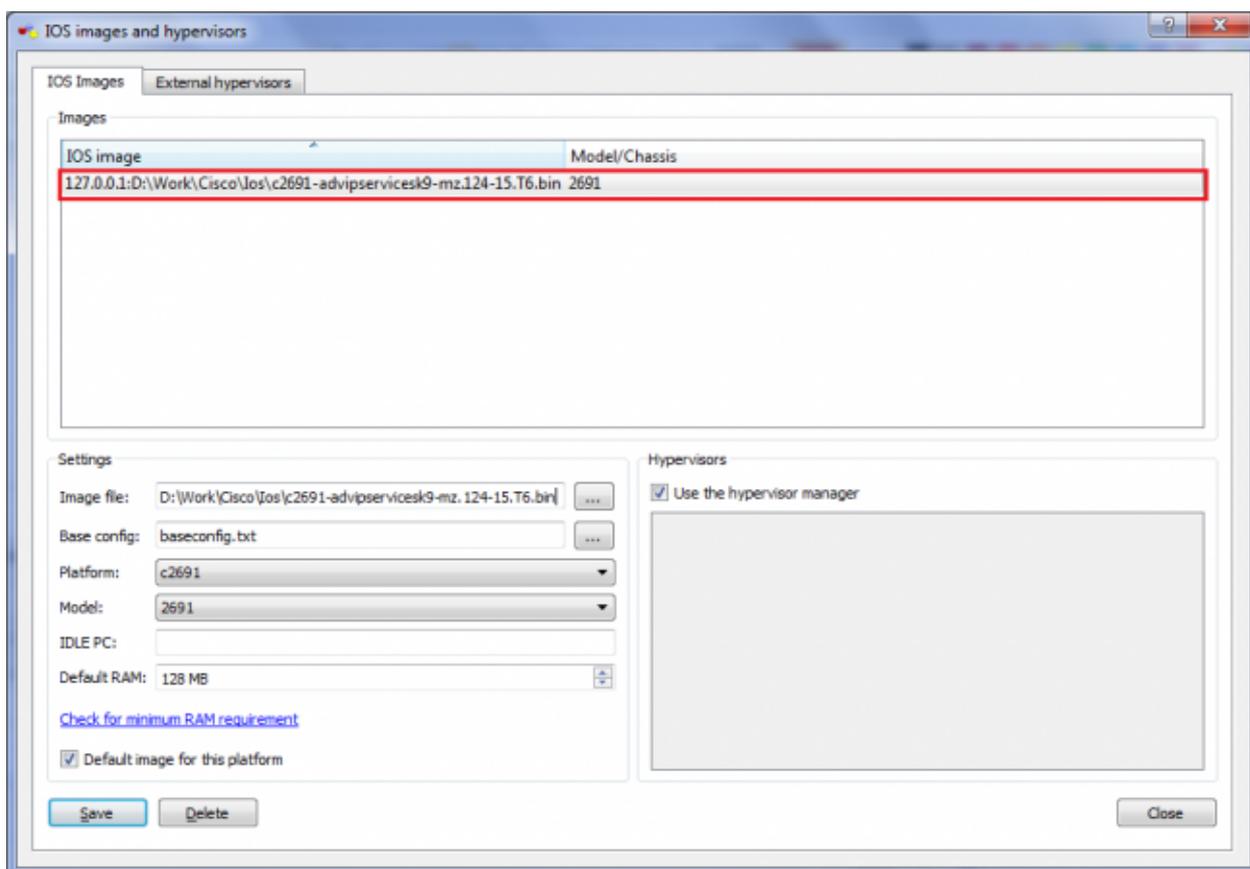


Рисунок 3.3 – Настройки образа

После добавления образа, становится доступным возможность добавить маршрутизатор на рабочее поле, начать работу с ним и настройки.

Настройка модели маршрутизатора крайне важна, так как, если его не настроить и оставить в таком состоянии, «запущенный» маршрутизатор может полностью загрузить рабочие мощности не самого мощного устройства, на котором запущен GNS-3. Следовательно, необходимо настроить модель маршрутизатора (рисунок 3.4).

В открывшемся окне будет доступен обширный список параметров к настройке. В рекомендациях указано, что необходимо выбирать значения параметров со знаком «*», что позволит снизить нагрузку на устройство до минимальных значений. Так же, можно самостоятельно проверять параметры, для поиска более подходящих параметров.

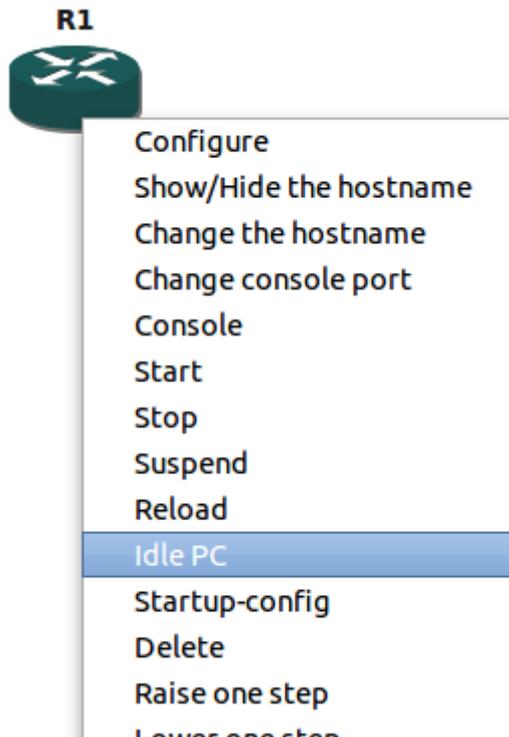


Рисунок 3.4 – Настройка модели маршрутизатора

Так же, функционал GNS-3 позволяет следить за передаваемым трафиком с помощью Wireshark (рисунок 3.5), доступ к которому предоставляется при клике на линию передачи данных между узлами, где будет доступен соответствующий пункт в контекстном меню.

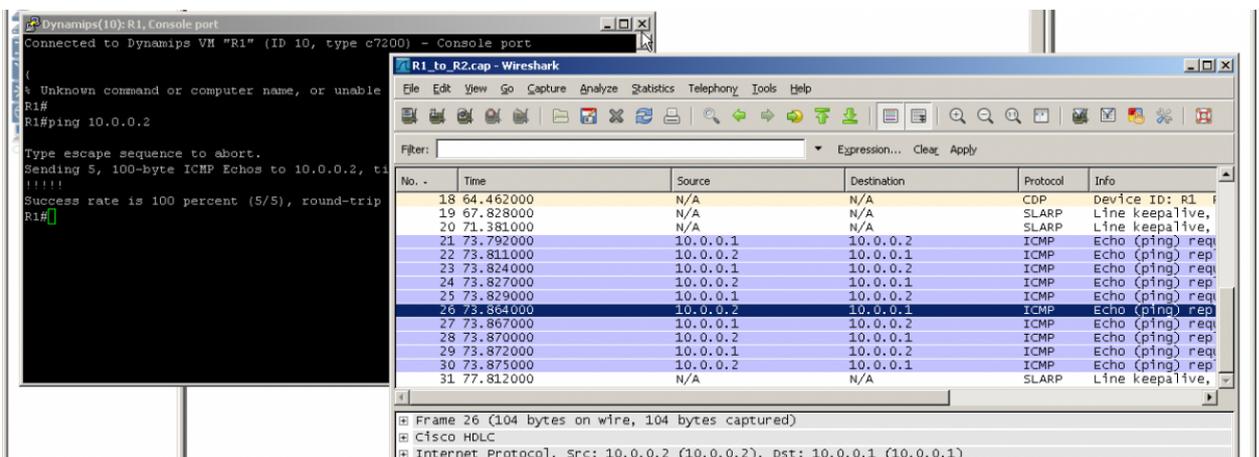


Рисунок 3.5 - Wireshark

3.3 Эффективность OLSR

Основным критерием работы всегда является эффективность работы. В ходе данного моделирования будет оценена эффективность работы протокола OLSR в заданных условиях.

Условия моделирования: Для моделирования использовался симулятор беспроводных сетей GNS-3. При моделировании использовались переменные параметры в виде скорости движения узлов и размер отправляемых пакетов.

Количество узлов в моделируемой сети 50, время моделирования составляло 100 секунд. Симулируемая скорость движения узлов составляла 18 км/ч, 36 км/ч и 54 км/ч.

Размеры передаваемых пакетов составляли 128 Кб, 512 Кб и 1024 Кб.

Таблица 3.1 – Эффективность протокола OLSR

Скорость	Размер пакета сообщения		
	128 Кб	512 Кб	1024 Кб
18 км/ч	97%	88%	83%
36 км/ч	96%	90%	80%
54 км/ч	94%	89%	82%

Исходя из результатов моделирования, представленных в таблице, можно сделать вывод, что протокол маршрутизации OLSR имеет высокую эффективность передачи.

Исходя из зависимости размера пакетов видно, что имеется небольшое снижение эффективности работы протокола.

Однако, эффективность работы протокола в зависимости от скорости движения узлов имеет значительно меньшую зависимость. При любом размере пакета эффективность передачи данных имеет разницу не более 3% между максимальной и минимальной эффективностью работы.

3.4 Анализ методов маршрутизации в самоорганизующихся сетях

В ходе данного моделирование будут рассмотрено деление сетей MANET на классы и проведено моделирование с заданными параметрами для протокола OLSR в сети класса MANET.

Так как сети MANET характеризуются высокой динамичностью узлов своих сетей, то их принято разделять на 3 класса, который зависит от используемых устройств и скорости движения данных узлов.

Характеристики данных сетей представлены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Характеристики сетей

Критерий	MANET	FANET	VANET
Носитель/узел	Человек	Летательный аппарат, беспилотный или пилотируемый	Автомобиль
Скорость узла	До 5 Км/ч	От 300 км/ч до 3700 км/ч	До 150 км/ч
Модель движения	Хаотичное движения в пространстве вдоль поверхности планеты. Слабые отклонения по высоте	Предопределенные маршруты движения в пространстве по 3-м осям. Так же, необходимо учитывать скорость	Поток движется в плоскости. Маршруты заданы имеющимися дорогами
Плотность узлов	Высокая	Низкая	Средняя
Изменение топологии	Медленное изменение	Быстрые изменения	Средние изменения
Распространение сигнала в пространстве	Движения вдоль поверхности, прямая видимость между большинством узлов отсутствует	Полет происходит высоко над землей, доступность по дальности радиоволне присутствует в большинстве случаев	Движение в потоке по поверхности, прямая видимость не всегда имеется
Энергоэффективность	Требуется высокая энергоэффективность, так как заряд устройств ограничен	Требуется для аппаратов с ограниченным запасом батарей.	Не требуется
Требования к вычислительной мощности	Ограниченная	Высокие требования	Средняя

MANET – сеть, где узлами являются люди и переносимые ими устройства (телефоны, планшеты и другие).

FANET – сеть, где узлами являются быстродвижущиеся летательные объекты, в частности беспилотные летательные аппараты.

VANET – сеть, где узлами являются автомобили.

Моделирования проводилось для сетей 25 и 85 узлов, длительностью в 10 минут (600 сек).

По результатам моделирования, протокол маршрутизации OLSR имеет высокую эффективность в сети с 25 узлами. И, более низкие показатели эффективности в сети с 85 узлами. Для проверки эффективности использовался видеосигнал.

3.5 Самоорганизующиеся сети FANET

В ходе данного моделирование будет проведено сравнение эффективности протокола OLSR в сравнение с протоколом AODV в сетях класса FANET.

Сеть FANET – сеть, состоящая из летательных аппаратов, в которой, каждый узел является не только узлом приема и отправки данных, но и ретранслятором для других узлов своей сети.

В данном типе сетей используется 2 протокола. Протокол AODV устанавливает маршрут до узла по требованию. Протокол OLSR используется для вычисления маршрута.

При моделировании передавался видеосигнал на централизованную станцию. Расстояние узлов от центральной станции составляло от 500 метров до 1,5 километров. Моделирование проводилось для 10, 15 и 20 узлов. Скорость передачи была 1 Мбит/сек, размер пакета 1250 байт. Скорость движения узлов была 180 км/ч.

По результатам моделирования, протоколы OLSR показал значительные потери эффективности на расстоянии более 750 метров от центральной станции, и эффективность работы на расстоянии в 1,5 километра составляла примерно 49%.

На рисунке 6 представлена условная модель моделируемой ситуации.

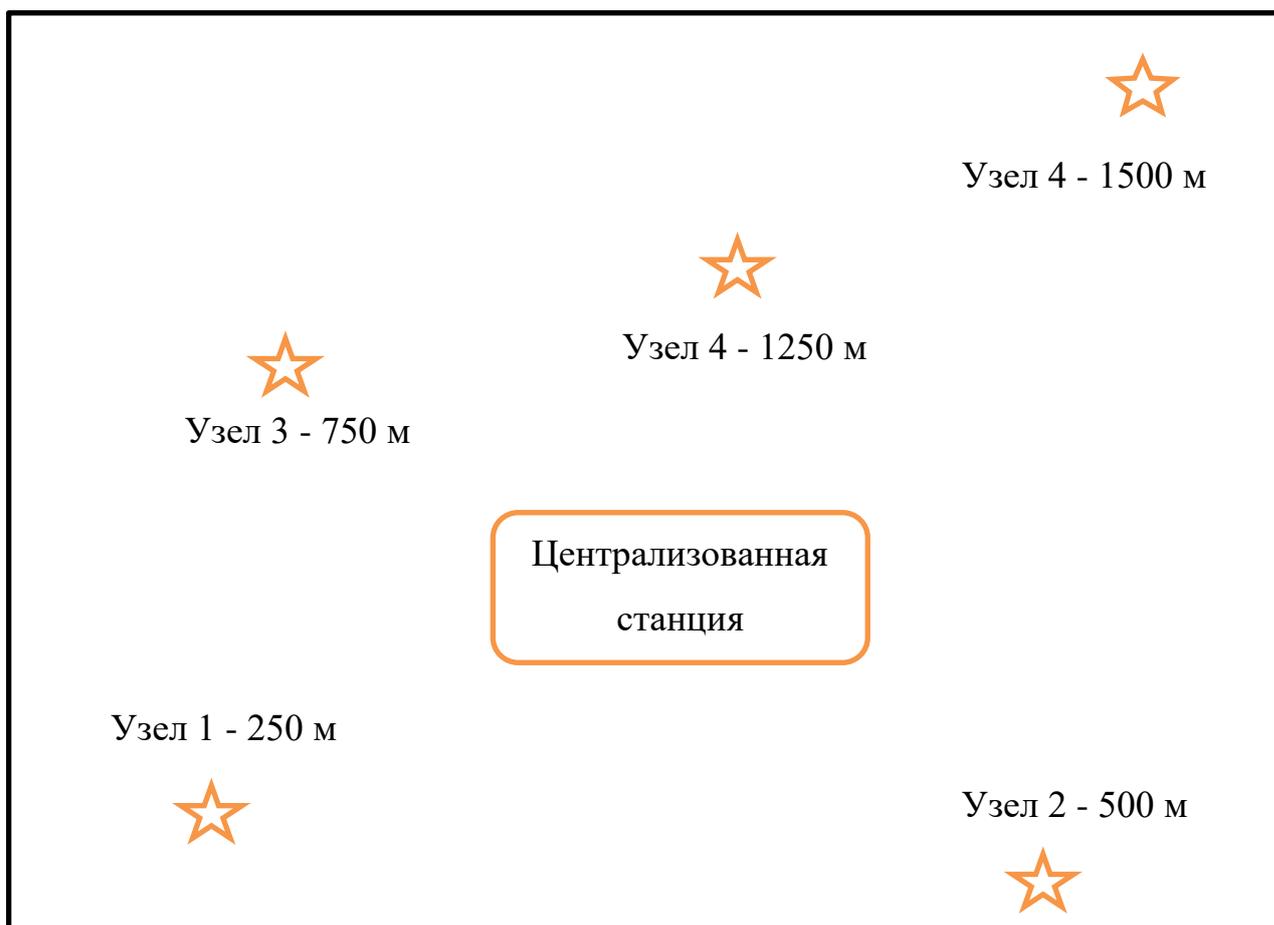


Рисунок 6 – Условная модель моделируемой ситуации

4 Результаты

В ходе проведенного исследования были получены следующие результаты:

- 1) Выявлена актуальность исследования;
- 2) Проведен анализ существующих протоколов маршрутизации в MANET-сетях;
- 3) Проведен анализ недостатков MANET-сетей;
- 4) Проведен обзор имеющихся средств моделирования сетей;
- 5) Проведен обзор алгоритмов составления сети;
- 6) Выбран алгоритм, для которого будет проводиться моделирование;
- 7) Произведено подробное описание функционирование выбранного алгоритма маршрутизации (OLSR);
- 8) Произведено моделирование, для вычисления эффективности выбранного алгоритма маршрутизации;
- 9) Произведен анализ и моделирование протокола маршрутизации OLSR в самоорганизующихся сетях;
- 10) Моделирование работы протокола OLSR в сетях FANET, для определения потери эффективности функционирования данных протоколов;

На основании проведенных моделирований, можно сделать вывод, что, протокол маршрутизации OLSR имеет достаточно высокую эффективность функционирования. Однако, данный протокол начинает терять свою эффективность при передачи данных на значительные расстояние, и, если узлами сети являются быстродвижущиеся узлы.

Следовательно, в ситуациях, когда OLSR менее эффективен, требуется поиск более подходящего протокола маршрутизации для данной ситуации, либо модернизация OLSR для повышения эффективности при передачи данных между узлами на больших расстояниях и скоростях.

Заключение

Сфера применения многошаговых беспроводных сетей достаточно широка. Такие сети, особенно класса MANET, полезны при поисково-спасательных операциях, во время военных действий, в местах большого скопления людей (например, для обслуживания участников конференций, выставок, форумов и т. д.), и там, где нет телекоммуникационной инфраструктуры (например, в экспедициях в удаленные регионы).

Так же, существуют сложности с оценкой качества сетей и её каналов связи, так как используются стандарты для проводных сетей, где важным является пропускная способность и задержка передачи. Что является недостаточным, для оценки качества в беспроводных сетях, так как идет оценка между двумя узлами и каналом связи между ними.

В данной работе исследовалась эффективность протокола маршрутизации OLSR, который является одним из наиболее распространённых протоколов маршрутизации в данный момент. В отношении данного протокола ведется множество исследований по возможностям его улучшения и необходимости замена.

В ходе выполнения работы были проведены моделирования:

- 1) Эффективность OLSR;
- 2) Анализ методов маршрутизации в самоорганизующихся сетях и эффективность OLSR;
- 3) Самоорганизующиеся сети FANET и эффективность протокола OLSR в данном типе сетей.

В ходе моделирования протокол OLSR показал высокую эффективность своей работы в различных условиях, однако, имеются потери эффективности в тех случаях, когда узлами построенной сети являются быстродвижущиеся объекты на расстоянии свыше 750 м., в сетях класса FANET, и при значительном количестве узлов построенной сети класса MANET.

5 Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность

Цель магистерской диссертации заключается в разработке алгоритмического и программного обеспечения протоколов маршрутизации для формирования самоорганизующейся информационной сети и обеспечения информационного обмена между децентрализованными подвижными объектами. Для реализации этой цели должны быть оценено текущее состояние в области, имеющиеся инструменты для моделирования работы протоколов маршрутизации. Выявление возможных способов модернизации имеющихся протоколов маршрутизации в MANET-сетях

Целью данного раздела является проведение комплексного описания и анализа финансово-экономических аспектов выполненной работы. А именно, необходимо осуществить планирование процесса управления научно-техническим исследованием (НТИ), рассчитать полные денежные затраты на проект, на основе которых впоследствии дать оценку экономической эффективности и целесообразности осуществления работы.

5.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации магистерской работы необходимо рационально планировать занятость каждого из участников процесса и сроки проведения отдельных работ. Для этого был составлен полный перечень проводимых работ. Для каждой работы определены исполнители и их нагрузка.

Исполнителями являются следующие участники процесса написания магистерской диссертации:

- инженер – автор магистерской диссертации (И);
- научный руководитель (НР).

План работ и распределение нагрузки между исполнителями представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№ этапа	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Постановка целей и задач НИР	НР	НР – 100%
2	Анализ предметной области	НР, И	НР – 50% И – 50%
3	Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 30% И – 100%
4	Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
5	Подбор и изучение материала	НР, И	НР – 40% И – 100%
6	Обзор литературы	И	И – 100%
7	Сравнение и анализ имеющихся протоколов маршрутизации	И	И – 100%
8	Проведение моделирования работы протокола OLSR	И	И – 100%
9	Написание отчета по магистерской диссертации	И	НР – 20% И – 100%
10	Защита диссертации	И	И – 100%

В результате анализа перечня работ определено 10 этапов, которые распределены на два исполнителя: инженера (автора работы) и научного руководителя.

5.1.1 Продолжительность этапов работ

После выявления всех этапов научно-исследовательской работы магистранта необходимо рассчитать их продолжительность. Для формирования календарного плана выполнения работ был использован опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Ожидаемые значения продолжительности работ $t_{ож}$ были рассчитаны с использованием экспертного способа, реализуемого при помощи следующей формулы:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Исполнители работ были определены в предыдущем пункте, это инженер и научный руководитель.

Для построения графика работ необходимо рассчитать продолжительность этапов в рабочих днях (по формуле 5.1), а затем перевести полученные результаты в календарные дни, используя формулу 5.2. Формулы расчета приведены ниже.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (5.1)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (5.2)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22,$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

В таблице 5.2 описаны этапы работы и их трудоемкость по исполнителям, занятым на каждом этапе. По показанию полученных величины трудоемкости этапов по исполнителям построен линейный график осуществления проекта, который представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Трудозатраты на выполнение диссертации

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн			
					$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач НИР	НР	3	5	3,8	4,6	–	5,6	–
Анализ предметной области	НР, И	10	21	14,4	8,7	8,7	10,6	10,6
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	10	21	14,4	5,2	17,3	6,5	21,1
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3,4	0,4	4,2	0,5
Подбор и изучение материала	НР, И	10	14	11,6	5,7	13,9	7	17
Обзор литературы	И	10	14	11,6	–	13,9	–	17
Сравнение и анализ имеющихся протоколов маршрутизации	И	14	24	18	–	21,6	–	26,4
Проведение моделирования работы протокола OLSR	И	14	24	18	–	21,6	–	26,4
Написание отчета по магистерской диссертации	И	7	10	8,2	2	9,9	2,5	12
Защита диссертации	И	21	28	23,8	–	28,6	–	34,9
Итого:				126,6	29,6	135,9	36,4	165,9

На основе полученных в таблице данных строится диаграмма Ганта, которая наглядно отображает календарный план-график всех работ НИР, а также показывает нагрузку на исполнителей работ на каждом этапе. Результаты представлены на рисунках 5.1–5.2.

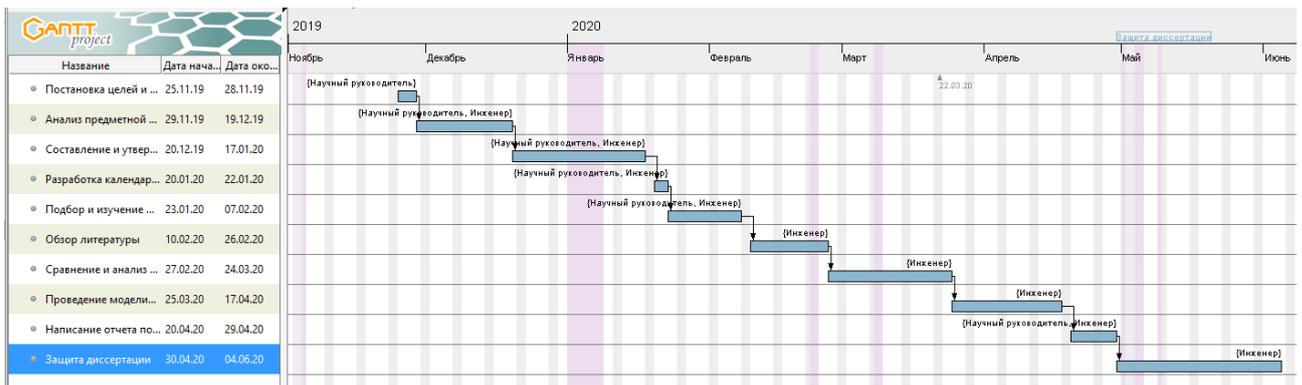


Рисунок 5.1 – График проведения работ НТИ

Из диаграммы, приведенной на рис.5.1, видно, что наиболее длительным этапом являются защита диссертации, а так же Сравнение и анализ имеющихся протоколов маршрутизации и Проведение моделирования работы протокола OLSR.

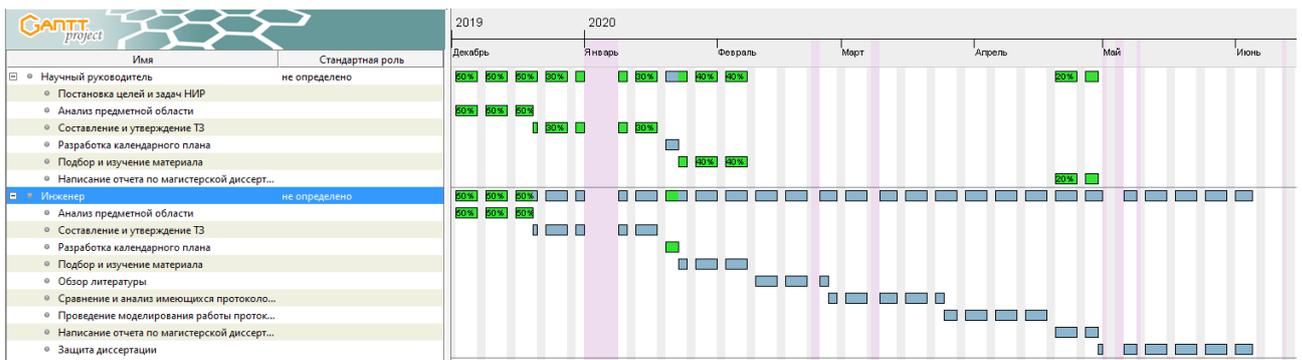


Рисунок 5.2 – Диаграмма занятости ресурсов

Из диаграммы, приведенной на рис.5.2, где зеленым цветом отмечена частичная занятость ресурса, а голубым – полная, видно, что научный руководитель принимает активное участие в работе на ее начальных этапах, курируя работу студента и подсказывая верные направления исследований, и на последних этапах работы, оценивая полученные инженером результаты. При этом инженер (автор данной работы) на начальных этапах занят частично, а затем, исследовав предметную область и сформировав ТЗ и рабочий план, приступает к выполнению работ с полным вовлечением и занятостью вплоть до защиты работы.

5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Расчет сметы затрат на выполнение НИР необходим для формирования бюджета проекта и включает расчет всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. В расчет ведется по следующим статьям затрат:

- материалы;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

Совокупность перечисленных статей формируют затраты на выполнение научно-технического исследования (НТИ).

5.2.1 Расчет затрат на материалы

Статья затрат на материалы включает в себя затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и лицензии на продукты, необходимых для выполнения работ по данной теме. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приближенно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5%. Расчет затрат на материалы приведен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчёт затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага А4	2	200 листов	400
Итого:			400

С учетом описанных сопутствующих затрат, составляющих 5% от отпускной цены материалов, расходы на материалы равны $C_{\text{мат}} = 400 * 1,05 = 420$ руб. Все расходы составляет бумага, других затрат не имеется на материалы.

5.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья является основной статьей расходов на выполнение НИИ. Над проектом работают два исполнителя: научный руководитель и инженер. Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) в расчете на один рабочий день вычисляется по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{Оклад (месячный)} / 25,083,$$

где учитывается количество рабочих дней в году ≈ 301 и, следовательно, в месяце в среднем 21 рабочий день (при шестидневной рабочей неделе).

Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 5.2 (НР – 29,6 = 30, И – 135,9 = 136 рабочих дней). При этом рабочая неделя шестидневная как для научного руководителя, так и для инженера.

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется, соответственно, следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$ для Томской области. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$.

Оклады исполнителей брались из информационной таблицы, представленной в методических указаниях по финансовому менеджменту для магистрантов.

Расчеты основной заработной платы работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, с учетом премий, доплат и районного коэффициента представлены в таблице 5.4 и велись по следующей формуле:

$$ЗП = ЗП_{\text{дн-т}} * \text{Кол-во раб. дней} * K_{\text{и}}$$

Таблица 5.4 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка (ЗП _{дн-т}), руб./раб.день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент (K _и)	Фонд з/п, руб.
НР	33664	1342	30	1,699	68 401,74
И	9489	378,3	136		87 412,45
Итого:					155 814,19

Итого суммарные затраты на заработную плату всем участникам проекта с учетом стандартных окладов исполнителей в зависимости от занимаемой должности и ученого звания составляют $C_{\text{зп}} = 155814,19$ рублей.

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, являются обязательной статьей расходов и составляют 30% от полной заработной платы по проекту. Следовательно, затраты на ЕСН вычисляются по следующей формуле:

$$C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3 ,$$

где $C_{\text{зп}}$ – суммарные затраты на заработную плату по проекту.

Итоговые затраты на социальный налог равны $C_{\text{соц.}} = 155 814,19 \text{ руб.} * 0,3 = 46744,26 \text{ руб.}$

5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot Ц_{\text{Э}},$$

где $P_{\text{об.}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$t_{\text{об.}}$ – время работы оборудования, час;

$Ц_{\text{Э}}$ – тариф на 1кВт·час. Одноставочный тариф на электроэнергию в Томской области равен 3,50 руб за 1 кВт.ч.

При этом время работы оборудования рассчитывается на основе данных таблицы 5.2 для инженера ($T_{\text{рд}} = 135,9$ дней) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов:

$$t_{\text{об.}} = T_{\text{рд}} * K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД. Время проводимое за персональным компьютером равно 2/3 от общего времени работы над проектом.

В свое очередь мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об.}} = P_{\text{ном.}} * K_C$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт (показатели для ПК – 0,5 кВт, для принтера – 0,1 кВт);

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Примем значение $K_C = 1$.

Расчет затрат представлен в таблице 5.5 ниже.

Таблица 5.5 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт	Тариф на 1кВт·час ЦЭ, руб	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$, руб.
Персональный компьютер	136 дней * 8 часов * 2/3 = 725	0,5	3,50	1 268,75
Лазерный принтер	10	0,1		3,50
Итого:				1 272,25

Итого затраты на электроэнергию за вычетом освещения составляют $C_{\text{эл}} = 1\ 272,25$ рублей, где основными затратами является оплата электроэнергии, потребляемая персональным компьютером, на котором ведется основная работа над проектом.

5.2.5 Расчет амортизационных расходов

Данная статья предназначена для учета амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта. Для расчета амортизационных затрат используется следующая формула:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_{\text{А}} * Ц_{\text{ОБ}} * t_{\text{рф}} * n}{F_{\text{Д}}},$$

где $N_{\text{А}}$ – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{\text{ОБ}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб;

$F_{\text{Д}}$ – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, час;

$t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, час;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

$N_{\text{А}}$ для персонального компьютера составляет обратную величину от срока амортизации равного 2,5 года, следовательно, $N_{\text{А}}(\text{ПК}) = 1 / 2,5 = 0,4$. Номинальная стоимость одного ПК составляет 60 тысяч рублей. Для расчета $F_{\text{Д}}(\text{ПК})$ будем учитывать, что количество рабочих дней в 2020 году при шестидневной рабочей неделе равно 300 дней, рабочий день длится 8 часов. Таким образом $F_{\text{Д}}(\text{ПК}) = 300 * 8 = 2\ 400$ часов. Однако ПК занят лишь 2/3 от

проектного времени, затрачиваемого инженером ($T_{рд}$ из таблицы 5.2), следовательно, $t_{рф} = 135 \text{ дней} * 8 \text{ часов} * 2/3 = 725 \text{ часов}$.

Таким образом, амортизация, начисленная на ПК, равна:

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 * 60\,000 \text{ руб} * 725 \text{ часов} * 1 \text{ ед}}{2\,400 \text{ часов}} = 7\,250 \text{ руб.}$$

Стоимость простого принтера составляет 7 600 руб., его $F_{д} = 500 \text{ час.}$; $N_A = 1 / 2 \text{ года} = 0,5$; $t_{рф} = 10 \text{ часов}$ (из табл. 5.5).

$$C_{AM}(ПР) = \frac{0,5 * 7\,600 \text{ руб} * 10 \text{ часов} * 1 \text{ ед}}{500 \text{ часов}} = 76 \text{ руб.}$$

Итого общие затраты на амортизацию составляют $C_{AM} = 7\,342 \text{ руб.}$, где большая часть суммы идет на покрытие износа персонального компьютера.

5.2.6 Расчет прочих расходов

Статья прочих расходов включает расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов и рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл} + C_{ам}) * 0,1$$

Таким образом, прочие расходы равны $C_{проч.} = (400 + 155\,814,19 + 46\,744,26 + 1\,272,25 + 7342) * 0,1 = 21\,157,27 \text{ руб.}$

5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Общая стоимость разработки складывается из всех статей расходов, рассчитанных выше. Проведенные расчеты позволяют определить величину бюджета затрат НИИ, на которую будут опираться заказчики данной разработки. Смета затрат на разработку представлена в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Расчет бюджета затрат НИИ

Статья затрат	Сумма, руб.
Материалы	400
Основная заработная плата	155 814,19
Отчисления в социальные фонды	46 744,26
Расходы на электроэнергию	1 272,25
Амортизационные отчисления	7342
Прочие расходы	21 157,27
Итого:	232 729,97

Итоговые затраты на разработку составляют $C = 232\,729,97$ рублей. Далее на основе рассчитанной себестоимости разработки определим конечную цену всего проекта.

5.2.8 Расчет прибыли

Для расчета прибыли примем, что ее размер составляет 20% от полной себестоимости проекта, так как проект актуален и востребован среди целевой аудитории. Себестоимость проекта равна затратам на его разработку $C = 232\,729,97$ рублей. Тогда прибыль составит: $232\,729,97 * 20\% = 46\,545,99$ рубля.

5.2.9 Расчет НДС

Косвенный налог – налог на добавленную стоимость (НДС) составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. Таким образом, сумма налога равна $(232\,729,97 + 46\,545,99) * 0,2 = 279\,275,96 * 20\% = 55\,855,19$ рубля.

5.2.10 Цена разработки НИИ

На основе проведенных расчетов, определим итоговую цену разработки НИИ, которая равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае: $C_{\text{НИИ(КР)}} = 232\,729,97 + 46\,545,99 + 55\,855,19 = 335\,131,15$ рублей.

5.3 Оценка экономической эффективности проекта

Данный проект не ориентирован на экономический результат. Проведенные исследования и моделирования позволяют оценить эффективность существующих протоколов маршрутизации, в частности OLSR, в различных условиях и выявить недостатки.

Однако данное исследование и моделирование связано с активно развивающейся областью технологий. Существующие протоколы маршрутизации постоянно развиваются, так как не являются идеальными.

Таким образом, экономический эффект данного исследования носит косвенный характер и его оценка в рамках данной работы невозможна.

6 Социальная ответственность

Введение

Данная магистерская диссертация заключается в разработке алгоритмического и программного обеспечения протоколов маршрутизации для формирования самоорганизующейся информационной сети и обеспечения информационного обмена между децентрализованными подвижными объектами. Для реализации этой цели должны быть оценено текущее состояние в области, имеющиеся инструменты для моделирования работы протоколов маршрутизации. Выявление возможных способов модернизации имеющихся протоколов маршрутизации в MANET-сетях.

Разработка осуществлялась за настольным персональным компьютером в офисе компании ООО «Дельта», на базе которого проходила практика.

Так как основная работа при написании диссертации, разработка ПО, связана с компьютером, следовательно в рамках текущего раздела целесообразным является рассмотрение следующих вопросов:

- выявление и изучение вредных и опасных производственных факторов при работе с компьютерной техникой;
- определение способов снижения действия описанных факторов до безопасных пределов или по возможности до полного их исключения;
- безопасность окружающей среды;
- безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС), которые могут возникнуть при эксплуатации компьютерной техники.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Так количество рабочих часов в неделю не превышало 40 часов, работа велась по будним дням, в течение рабочего дня предоставлялся часовой перерыв, который к рабочему времени не относится.

Деятельность при выполнении магистерской диссертации также связана с работой за компьютером. Основным документом, регулирующим условия и организацию работы с компьютерной техникой, является санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», которые включают ряд требований к ПЭВМ и организации рабочего места, а также к факторам, оказывающим на пользователя ПЭВМ опасное и вредное влияние [1]. Также используется ГОСТы регулирующие рабочее место пользователя ПЭВМ: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ Р 50923-96. «Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения» [2-3].

При работе над магистерской диссертацией установлена I категория тяжести и напряженности работы с ЭВМ. Категория работы относится к группе А - работа по считыванию информации с экрана ЭВМ с предварительным запросом. Применяется следующий режим труда и отдыха: 8 часовой рабочий день, 5-15 мин. перерыва после 2 часов непрерывной работы, обеденный перерыв 1 час. Указанный режим труда и отдыха полностью удовлетворяет требованиям СанПин 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [12].

В таблице 6.1 представлены нормы времени регламентируемых перерывов в работе.

Таблица 6.1 – Нормы времени регламентируемых перерывов в работе

Категория работ	Уровень нагрузки			Суммарное время перерывов в течение смены	
	Считывание информации, тыс. печатных знаков	Ввод информации, тыс. печатных знаков	Режим диалога, час	8-часовая	12- часовая
I	До 20	До 15	До 2	30	70
II	До 40	До 30	До 4	50	90
III	До 60	До 40	До 6	70	120

Общие требования к организации рабочих мест пользователей, определяющее данное рабочее место:

–экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;

–конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики.

В настоящее время эргономическая организация рабочих мест менеджера склада не совсем соответствует нормам СанПин 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Для полного соответствия рекомендуется оборудовать рабочее место более удобным офисным креслом, а так же подставкой для ног.

Цветовой интерьер кабинета благотворно влияет на настроение, успокаивающе действует на нервную систему. Площадь на одно рабочее место должна составлять не менее 6 м². Площадь кабинета составляет 25 м², количество рабочих мест равно 1, следовательно кабинет удовлетворяет поставленному требованию.

6.2 Производственная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [4]. Все производственные факторы классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизические. Для данной работы целесообразно рассмотреть физические и психофизические вредные и опасные факторы производства, характерные как для рабочей зоны инженера-программиста, как разработчика рассматриваемой в данной работе системы. Перечень данных факторов представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Вредные и опасные производственные факторы при выполнении работ за ЭВМ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [6]
3. Превышение уровня шума	+	+	3. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [7].
4. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	4. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности [9].
5. Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [10].

В случае работы с симуляторами для моделирования, где объектом является рабочее место, включая персональный компьютер и помещение, среди таких вредных воздействий можно указать: микроклимат помещения,

неправильное освещение, шум, электромагнитное излучение, опасность поражения электрическим током и другие. Также немаловажно позаботиться о экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях, которые могут возникнуть при работе с ПЭВМ.

6.2.1 Микроклимат рабочего места

К параметрам микроклимата относятся: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха. Данные параметры воздействует на человека, значительно определяя его самочувствие, и, соответственно, работоспособность. Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для инженера-программиста она является лёгкой (Ia), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок. Учитывая описанные факторы, можно вывести набор оптимальных минимальных значений параметров микроклимата (табл. 6.4) в соответствии с СанПиН 2.2.4.548–96 [5] и фактические, которые были измерены на рабочем месте (табл. 6.3).

Таблица 6.3 – Параметры микроклимата в помещениях с использованием ПЭВМ

№	Параметр микроклимата	Значение параметра
1	Категория работы	лёгкая Ia
2	Температура воздуха	
	–в холодный период (искусственное отопление)	20 – 24 °С
	–в теплый период	23 – 24 °С
3	Относительная влажность воздуха	
	–в холодный период	50 - 53 %
	–в теплый период	48 – 52 %
4	Выделение пыли	Минимальное

Таблица 6.4 – Допустимые и оптимальные параметры микроклимата

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Допустимые				
холодный	Легкая 1а	21 – 25	75	0,1
теплый	Легкая 1а	22 – 28	55	0,1 – 0,2
Оптимальные				
холодный	Легкая 1а	22 – 24	40–60	0,1
теплый	Легкая 1а	23 – 25	40–60	0,1

Таким образом, делаем вывод, что реальные параметры микроклимата соответствуют допустимым параметрам для данного вида работ. Однако, имеется отклонение от нормы в холодный период времени имеется отклонение по показателю температуры, который устраняется при помощи дополнительного обогревателя и инфракрасных ковриков. Следовательно, параметры микроклимата в офисе ООО «Дельта» соответствуют нормам СанПиН.

6.2.2 Освещенность рабочей зоны

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300лк при общей системе освещения.

В данном помещении используется смешанное освещение. Система освещения – общая. Естественное освещение осуществляется через окна. В качестве искусственного освещения используется система общего освещения (освещение, светильники которого освещают всю площадь помещения). Значения нормируемой освещенности изложены в строительных нормах и правилах СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [6]. Освещение естественное только в светлое время суток, по большей части в теплое время года. В остальные времена года превалирует общее равномерное искусственное освещение.

Параметры трудовой деятельности ответственного по безопасности, следующие:

– вид трудовой деятельности группы А и Б – работа по считыванию и вводу информации с экрана монитора;

– категории тяжести и напряженности работы с ПЭВМ – I группа (суммарное число считываемых или вводимых знаков за рабочую смену не более 20 000 знаков);

– размеры объекта → 0.15 – 0.3 мм;

– разряд зрительной работы – II, подразряд зрительной работы – Г;

– контакт объекта с фоном → большой;

– характеристики фона – светлый;

– уровень шума – 45 дБ.

Для организации освещения лучше выбрать люминесцентные лампы, так как они имеют ряд преимуществ перед лампами накаливания: их спектр ближе к естественному, они более экономичны.

Основные характеристики используемого осветительного оборудования и рабочего помещения:

– тип светильника – с защитной решеткой типа ШОД;

– наименьшая высота подвеса ламп над полом – $h_2=2,4$ м;

– нормируемая освещенность рабочей поверхности $E=300$ лк для общего освещения;

– длина $A = 5$ м, ширина $B = 5$ м, высота $H= 3$ м.

– коэффициент запаса для помещений с малым выделением пыли $k=1,5$;

– высота рабочей поверхности – $h_1=0.75$ м;

– коэффициент отражения стен $\rho_c=30\%$ (0,3) – для стен оклеенных светлыми обоями;

– коэффициент отражения потолка $\rho_n=50\%$ (0,5) – для побеленного потолка.

Произведем размещение осветительных приборов. Используя соотношение для выгодного расстояния между светильниками $\lambda = L/h$, а

также учитывая то, что $h=h_2-h_1=1,65$ м, тогда $\lambda=1,1$ (для светильников с защитной решеткой), следовательно, $L=\lambda \cdot h=1,1 \cdot 1,65=1,82$ м. Расстояние от стен помещения до светильников – $L/3=0,61$ м. Исходя из размеров рабочего кабинета ($A=5$ м и $B=5$ м), размеров светильников типа ШОД ($a=1,53$ м, $b=0,284$ м) и расстояния между ними, определяем, что число светильников в ряду должно быть 1 ($0,61+1,53+1,82+1,53+0,61=6,1 > 5$), и число рядов – 2 ($0,61+0,284+1,82+0,284+0,61=3,6 < 5$), т.е. всего светильников должно быть 2 с учетом планировки помещения.

Размещение осветительных приборов представлено на рисунке 6.1

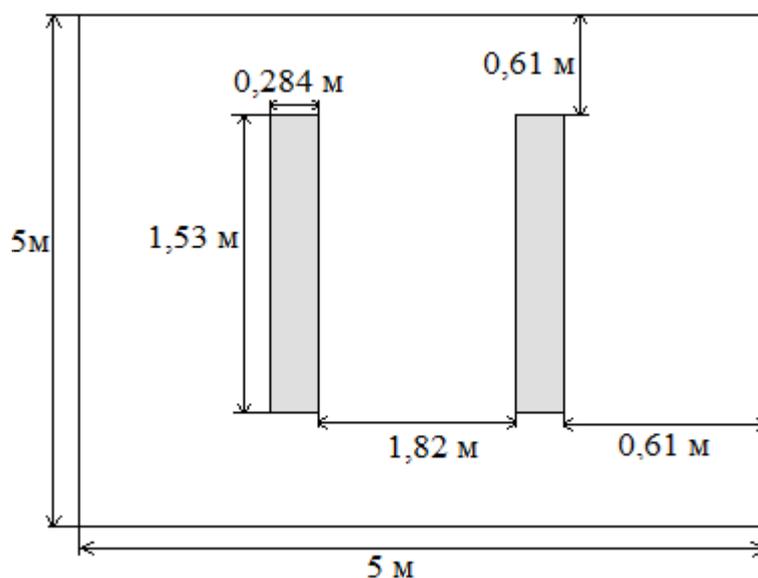


Рисунок 6.1 – Размещение осветительных приборов в помещении специалиста департамента управления образованием

Найдем индекс помещения по формуле (ГОСТ Р 54943-2012) [13]:

$$i = \frac{S}{h(A+B)}$$

где S – площадь помещения, m^2 ;

h – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м;

A, B – длина и ширина помещения.

$$i = \frac{25}{1.65(5+5)} = \frac{25}{16.5} = 1.52$$

Значение коэффициента η определяется из СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». Для определения коэффициента

использования по таблицам необходимо знать индекс помещения i , значения коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n и тип светильника.

Тогда для светильников типа ШОД $\eta=0,39$.

Величина светового потока лампы определяется по следующей формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta},$$

где Φ - световой поток каждой из ламп, Лм;

E - минимальная освещенность, Лк;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения, м²;

n - число ламп в помещении (2 лампы в светильнике \times 2 светильника = 4 лампы в помещении);

η - коэффициент использования светового потока (в долях единицы);

Z - коэффициент неравномерности освещения (для светильников с люминесцентными лампами $Z=0,9$).

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 25 \cdot 0,9}{4 \cdot 0,39} = \frac{10125}{1,56} = 6490,4.$$

Световой поток равен 6490,4 лм. Из СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» выбираем ближайшую по мощности стандартную лампу. Это должна быть лампа ЛБ 80 (световой поток 5200 лм). В практике допускается отклонение потока выбранной лампы от расчетного до -10 % и +20 %, в противном случае выбирают другую схему расположения светильников.

Таким образом, система общего освещения рабочего кабинет должна состоять из двух светильников типа ШОД с двумя лампами ЛБ 80 в каждом, построенных в один ряд. В настоящее время в кабинете источником искусственного света являются один такой светильник. Следовательно, для данного помещения освещение является недостаточным и не соответствует

требованиям безопасности. Рекомендуется установить еще один светильник типа ШОД с двумя лампами ЛБ 80.

6.2.3 Шум

Длительное воздействие интенсивного шума свыше 80 дБ на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

Нормированные параметры шума определены ГОСТом 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [7-8]. Уровень шума на рабочем месте при работе с ЭВМ не должен превышать 50 дБ, а при работе с принтером - 75 дБ.

Параметры шума на рабочем месте составляют 40 дБ (данные взяты из характеристик используемых устройств), что вполне соответствует требованиям ГОСТов и в целом не превышают предельно допустимые значения.

6.2.4 Электромагнитное излучение

В России требования по безопасности эксплуатации определены ГОСТ 31210-2003 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности», ГОСТ Р 50949-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерения и оценки эргономических параметров и параметров безопасности» и СанПин 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Требования этих стандартов обязательны для любого монитора, продаваемого в РФ.

Сравнительные характеристики требований различных стандартов приведены в таблице 6.5.

На рабочем месте используется жидкокристаллические мониторы Samsung, соответствующие международному стандарту ТСО'99,

нормирующему уровню эмиссии электромагнитных полей, а также соответствующие российским нормам СанПин 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Таблица 6.5 – Требования к электромагнитным полям монитора

Диапазон частот	Требования МРР-II	Требования ТСО'99	ГОСТ Р 31210-2003	СанПин 2.2.2.542-96
Электрическое поле Сверхнизкие (5Гц-2кГц)	25,5 В/м	10 В/м	25 В/м	25 В/м
Низкие(2кГц-400кГц)	2,5 В/м	1В/м	2,5 В/м	2,5 В/м
Магнитное поле Сверхнизкие (5Гц-2кГц)	250 нТл	200 нТл	250 нТл	250 нТл
Низкие (2кГц-400кГц)	25нТл	25 нТл	25 нТл	25 нТл

6.2.5 Опасность поражения током

Среди распространенных опасностей в рабочей зоне находится и поражение электрическим током. Опасность поражения определяется величиной тока проходящего через тело человека или напряжением прикосновения.

При получении человеком разряда электрического тока могут быть получены электротравмы, электрические удары и даже летальный исход. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [10] определяет предельно допустимые значения напряжения прикосновения и тока на рабочем месте (см. табл. 6.6).

Основным источником угрозы поражения электрическим током является персональный компьютер, другие электрические приборы и места их подключения. Во избежание несчастных случаев сотрудники в обязательном порядке должны проходить соответствующий инструктаж.

Таблица 6.6 – Допустимые значения напряжения прикосновения и тока

Род тока	Напряжения прикосновения, В	Ток, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

Не следует работать на персональном компьютере при:

- повышенной влажности (относительная влажность воздуха более 75%);
- высокой температуре (более 35 °С);
- наличие токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединению с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Персональный компьютер питается от сети 220 В переменного тока с частотой 50 Гц. Это напряжение опасно для жизни, поэтому обязательны следующие меры предосторожности:

- перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- при обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить человеку, ответственному за оборудование.

Чтобы избежать поражения электрическим током, необходимо защитить все токоведущие части от возможных прикосновений, а металлические корпуса должны быть заземлены.

Таким образом, все требования при работе с ПЭВМ были выполнены, так как все необходимые показатели норм находятся в допустимых пределах. В офисе компании дополнительно используется оборудования, для уменьшения вероятности поражения электрическим током на случай сбоя в

сети питания и других факторов, не зависящих от сотрудников непосредственно

6.2.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника

Для снижения воздействия вредных и опасных факторов на работника на предприятии ООО «Дельта» проводится ряд профилактических действий на основе следующих рекомендаций.

Рекомендации по улучшению микроклимата

К рекомендациям по оздоровлению воздушной среды на предприятии относятся правильная организация вентиляции (как естественным, так и механическим путем), центральное отопление и дополнительные обогревательные элементы (в зимнее время года), поддержка влажности в офисном помещении на одном уровне и дезинфекция воздуха в помещении.

Объем помещений с ЭВМ не должен быть меньше 20 м³/человека [1].

Рекомендации по минимизации влияния шума

Для того чтобы снизить шум следует:

- ослабить шум самих источников, используя звукоизоляцию и поддержание технического состояния оборудования до должном уровне;
- снизить эффект суммарного воздействия отраженных звуковых волн;
- использовать технологии и архитектурные возможности помещения для изоляции источников шума как в офисном помещении, так и источников шума за пределами офиса.

Рекомендации по минимизации отрицательного влияния освещения рабочей зоны

Для обеспечения требуемого уровня освещения в помещении требуется увеличить уровень освещенности. Для освещения офисных помещений рекомендуется использовать лампы типа ЛБ (белый свет). Так

же, у каждого рабочего стола имеется дополнительная настольная лампа, для возможности корректировки освещенности локально на рабочем месте.

Рекомендации по защите от электрического тока

Нормативная база РФ устанавливает обязательные правила и меры безопасности во время работы с электрооборудованием.

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений кожухами, корпус устройства должен быть заземлен.

Для предотвращения поражения электрическим током в организации должны проводиться следующие мероприятия:

- компьютеры подключаются к сети с помощью трехполюсных вилок, причем центральный контакт вилки надежно заземляется;
- при эксплуатации электрооборудования рабочее место должно быть оборудовано так, что исключается возможность прикосновения служащих к токоведущим устройствам, шинам заземления, батареям отопления, водопроводным трубам;
- обслуживающий персонал должен пройти инструктаж по технике безопасности на рабочем месте;
- осуществляется профилактическая проверка отсутствия напряжения, отключение неисправного оборудования и наложение заземления.
- используется дополнительное оборудование для защиты персонала и оборудования офиса от непредвиденных факторов с электрическим током.

Рекомендации по устранению несоответствий и их устранение

- В холодное время года имеется минимальное несоответствие температурному режиму в офисном помещении при очень низких температурах «на улице». Со стороны предприятия было куплено

дополнительное обогревающее оборудование на случай возникновения таких ситуаций.

6.3 Экологическая безопасность

В настоящее время проблема экологической безопасности и охраны окружающей среды стоит под острым вопросом и является приоритетной. В данный момент, имеется ряд ограничений и рекомендаций относительно утилизации компьютерной техники. В большей мере это обуславливается тем, что в производстве такой техники используется множество различных материалов, которые способны нанести непоправимый вред окружающей среде и, соответственно, здоровью человека. Утилизация компьютерного оборудования является достаточно сложной. Непосредственная переработка большей части компонентов включает в себя их сортировку, последующую гомогенизацию и отправку для повторного использования, т.е. с предварительным помолом или переплавкой. Люминесцентные лампы представляют собой «чрезвычайно опасные» виды отходов [8]. Содержание ртути в любых люминесцентных лампах составляет от трех до пяти миллиграмм ртути. С учетом этого необходимо обеспечивать определенные условия хранения, их эксплуатации и утилизации. Согласно санитарным нормам хранить ртутесодержащие отходы необходимо в специальных герметичных контейнерах, доступ посторонним лицам к таким контейнерам должен быть запрещен. Транспортировка ламп на полигоны складирования должна выполняться организациями, которые специализируются на утилизации опасных отходов. Категорически запрещено размещение таких отходов, как люминесцентные лампы на полигонах твердых бытовых отходов.

Так как при разработке данной магистерской диссертации использовался персональный компьютер, необходимо описать правильную утилизацию компьютерного лома после его выхода из строя. В соответствии с постановлением правительства юридическим лицам запрещено самостоятельно утилизировать компьютерную технику. Для этого

необходимо найти специальную компанию, которая занимается утилизацией в частном порядке.

В нормативном документе СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 даются следующие общие рекомендации по снижению опасности для окружающей среды, исходящей от компьютерной техники:

- применять оборудование, соответствующее санитарным нормам и стандартам экологической безопасности;
- применять расходные материалы с высоким коэффициентом использования и возможностью их полной или частичной регенерации;
- отходы в виде компьютерного лома утилизировать;
- использовать экономичные режимы работы оборудования.

Так же, компания ООО «Дельта» ведется сбор использованных в офисе работниками элементов питания, ртутных ламп и техники для сдачи на переработку в соответствующие компании

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Так как работа проводится в офисном помещении, одними из возможных ЧС могут быть:

1. Возгорание, пожар.
2. Поражение электрическим током.
3. Так как помещение в жилом доме, могут быть ситуации, связанные с ЧС в соседних помещениях.

Самым распространенным чрезвычайным обстоятельством в офисе является пожар. Такое рабочее место относится к категории «В» (пожароопасные), так как в данном помещении присутствует пыль, вещества и материалы, способные при взаимодействии с воздухом гореть.

Возникновение пожара может произойти по нескольким факторам:

- возникновением короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электрораспределительных щитов;

- возгоранием устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;
- возгоранием мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;
- возгоранием устройств искусственного освещения.

Методы борьбы с пожарами предусматривают:

- Инструктажи, наличие планов эвакуаций, правильный монтаж и эксплуатация оборудования, правильное содержание зданий и территорий, обучение правилам техники безопасности, издание специальных инструкций и плакатов
- Соблюдение противопожарных правил, исключение образования горючей среды, применение трудно сгораемых материалов
- Предусмотренные средства сигнализации, огнетушители, автоматические стационарные системы тушения пожаров, своевременная эвакуация.

Для предотвращения пожара помещение с ПЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: углекислотным огнетушителем типа ОУ-2 или ОУ-5 [11].

Пожар может нанести не только вред здоровью, но и материальный ущерб. Применимо к выполняемой работе в случае пожара могут быть уничтожены бумажные документы и\или электронные носители информации. Для защиты информации рекомендуется использовать облачные хранилища данных для данных и документов. Для исходных кодов программ рекомендуется использовать системы контроля версий.

6.5 Выводы по разделу

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где велась работа над магистерской диссертацией, можно сделать вывод, что помещение удовлетворяет необходимым нормам, но, требуются корректировки, в плане

освещенности, и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Само помещение и рабочее место в нем удовлетворяет нормативным требованиям. Во избежание негативного влияния на здоровье во время работы с ПЭВМ необходимо делать перерывы и проводить специализированные комплексы физических упражнений.

Действие вредных и опасных факторов сведено к минимуму соответствующими профилактическими работами, т.е. микроклимат, освещение и электро- и пожаробезопасность соответствуют требованиям, предъявленным в соответствующих нормативных документах.

Относительно рассмотренного вопроса об экологической безопасности можно сказать, что предприятие уделяет внимание правильной утилизации.

Список использованных источников

1. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
3. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
4. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
5. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
7. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
8. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
9. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с Изменением N 1).
10. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).
11. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
12. СанПин 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

13. ГОСТ Р 54943-2012 «Здания и сооружения. Метод определения показателя дискомфорта при искусственном освещении помещений»

Список используемых источников

1. Павлов А.А., Датьев И.О. Протоколы маршрутизации в беспроводных сетях // Труды Кольского научного центра РАН. - 2014. №5. С. 64-75.
2. Маршрутизация в беспроводных мобильных Ad hoc-сетях / В.М. Винокуров и др. // Упр. вычисл. техника и информатика. Докл. ТУСУРа. - Томск, 2010. - № 2 (22). - С.288 - 292.
3. Хараев В.Ю. Исследование параметров сетевого взаимодействия ad hoc сетей стандарта 802.11p в интеллектуальных транспортных системах // Вестник СибГУТИ. - 2012. №2. С. 11-23.
4. The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc4728#section-6.2>.
5. Метелёв А.П., Чистяков А.В., Жолобов А.Н. Протоколы маршрутизации в беспроводных самоорганизующихся сетях // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. - 2013. - №3. - С. 71-78.
6. Что такое MANET или почему WiFi не решение всех телекоммуникационных проблем [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/post/196562/>
7. САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ MESH-СЕТИ ДЛЯ ЧАСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/samoorganizuyuschiesya-mesh-seti-dlya-chastnogo-ispolzovaniya>
8. ПРОТОКОЛЫ МАРШРУТИЗАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/protokoly-marshrutizatsii-v-besprovodnyh-setyah>
9. Сравнение протоколов маршрутизации для беспроводных мобильных Ad-Hoc сетей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2014/frt/kurinnoy/library/article1.htm>

10. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc3626>

11. Повесть о настоящем Интернете/ hop-by-hop [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/186282/>

Приложение I

(справочное)

CHARACTERISTICS OF THE OBJECT OF AUTOMATION

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Стаин Роман Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шерстнев Владислав Станиславович	к.т.н		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Маркова Наталия Александровна			

2. The analysis unit

2.1 Overview and analysis of MANET network routing protocols

2.1.1 HWMP Protocol

HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol) is a hybrid routing Protocol that was created during the development of the 802.11 s Protocol [8]. It is the Wi-fi Protocol. This Protocol consists of two routing mechanisms:

1. Remote vector routing on request.
2. The routing Protocol works at the MAC level.

This combination increases the efficiency of the routing algorithm, and both mechanisms can work independently or together, complementing each other and increasing efficiency [3].

2.1.2 DSR Protocol

DSR (Dynamic Source Routing). This routing Protocol is based on the principle of creating a route on demand using broadcast and addressing tools. In this Protocol, explicit routing is the basis of operation, which does not require the use of routing tables at intermediate stages. Therefore, there is no need to periodically check the route.

The route is formed when the request is received by the recipient, and the response message already contains the generated route.

To send a response message, the receiving node must have a route to the sending node. This route can be formed based on the cache memory, if there is a route there, or based on a request, which requires channel symmetry. If the response is successful, dynamic tuning of the network topology is initiated [4].

2.1.3 Network Problems in MANET

To evaluate the quality of networks and their information exchange channels, the following parameters are used:

1. Bandwidth.
2. Delay in transmitting information.

Based on these parameters, it is difficult to assess the quality of functioning of the entire wireless network, since MANET networks consist of a large number of nodes and channels, respectively. These parameters allow you to evaluate the quality between two nodes with a single channel, and these parameters are not enough to fully evaluate the quality of the entire network.

Also, MANET networks have a number of other problems, the solution of which will improve the quality of network interaction between users at a high level:

1. The noise immunity. Wireless networks, in their current form, are vulnerable to interference.
2. Security of transmitted data. The security of information is always an important element, as it can be used against the owner.
3. The total throughput of the networks. In general, bandwidth is highly dependent on the device with the lowest bandwidth.
4. The effectiveness of the methods and technologies used in routing [5].

2.2 Overview of network modeling tools

2.2.1 NS-3 Network Simulator

The NS-3 simulator (Network Simulator) is a targeted network simulator of discrete events, primarily for scientific and educational purposes.

Key points of NS-3:

1. NS-3 is an open source product, and the project seeks to support. Each user can make suggestions for improving NS-3.
2. NS-3 is not a backwards compatible extension of NS-2. It is a new simulator. Both simulators are written in C ++, but NS-3 is a new simulator that does not support the ns-2 API.

NS-3 is a powerful tool for creating simulation models of the behavior of telecommunication networks.

NS-3, like other simulators, allows you to solve the main problem of modeling when using real physical, this is the lack of the need to purchase this expensive equipment.

Creating models in simulators for simulation makes it possible to conduct experiments without the need to deploy a real network on the equipment.

The size limits of the simulated networks in the emulator are limited by the software capabilities and functions of the simulator itself and the technical capabilities of the device on which the simulator is deployed.

NS-3 has libraries for the formation of models of networks of various types, which allows experiments, including modeling with moving network nodes, objects in two-three-dimensional space. Also, NS-3 libraries allow implementing models of networks of mixed topologies and varying complexity.

Features of NS-3, in relation to other network simulation software:

1. NS-3 is a set of libraries that can be combined together, as well as with other external software libraries. Other solutions represent a solution with integrated components, without the possibility of change. NS-3 is a modular solution.

2. NS-3 is mainly used on Linux or mac-OS systems, although support exists for Windows frameworks that can, for example, generate Linux code. Working with Visual Studio is currently not supported, although the developer is working on future support. Windows users can use the Linux virtual machine to work with the simulator.

3. NS-3 is not an officially supported software product of any company. Support for NS-3 is based on best efforts in the NS-3 User Forum.

Based on the NS-3 simulator, the GNS-3 (Graphical Network Simulator) simulator was created, which has a graphical shell and is able to function on Windows operating systems.

However, GNS-3 has some functional limitations and cannot function stably.

2.2.2 Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer is a multifunctional network simulator designed to conduct experiments on network behavior in various operational scenarios. Packet Tracer has in its functionality the capabilities of modeling, visualization and others. It is intended, first of all, for the work of specialized teachers in teaching students.

Packet Tracer is a physical equipment supplement. Its functionality allows you to create network models and configure equipment without using real equipment, while its interface provides the most approximate interface to Cisco equipment. Packet Tracer, like GNS-3, allows you to create networks whose size is limited by the capabilities of the simulator and the technical capabilities of the device. However, Packet Tracer has less functionality compared to NS-3 and GNS-3, but it functions stably.

Packet Tracer is provided free of charge to instructors, students, graduates and network academy administrators registered as NetSpace users.

Packet Tracer is designed for:

1. Just interested in networking.
2. Trainees in CCNA, CCNA Security, and CCNP.
3. Engineers, teachers and instructors.
4. Interested in IoT technologies.

What is Packet Tracer used for:

1. Creation of virtual networks.
2. Testing new ideas in building infrastructures, managing them and ensuring their safety.
3. Real-time visualization of internal processes.
4. Application of skills in laboratory and interactive classes.

2.3 Overview and analysis of algorithms for compiling a network of objects

Any routing algorithm used on the network is used to determine the best route for delivering data packets from the data source directly to the receiver of

this data. And, these algorithms form the basis of the routing protocol. Now, when forming routing algorithms, the network in question is adopted as a graph. In this graph, the nodes are the router, and the edges of this graph are the connections between the routers. In this form, the cost of the graph face will be the data transfer rate on this line.

The routing protocol is a network protocol. When using routing protocols, the need to manually set valid routes disappears, by automating the determination of possible paths for data transfer on routers, on a computer network. Such automation has a positive effect in the form of a significant reduction in errors in the preparation of the route and ensures the consistency of the actions of all routers in the network.

All routing protocols are divided into different types, depending on the mechanism for generating routing tables. Three types of protocols are distinguished in ad hoc networks and the routing protocols used in them: proactive (tabular), reactive (on demand), and hybrid (combined).

Proactive or table (proactive, table-driven) protocols build routes based on service messages periodically sent to all nodes with information about the current network topology, based on which nodes select routes to all other nodes and save them in the routing table.

A feature of proactive protocols is the minimum delay in sending packets by nodes, as they use the existing routing tables, but download a significant part of the network bandwidth to maintain current routing information.

Reactive or on-demand protocols form routes using the sending nodes sending broadcast requests, upon receiving which the receiving nodes transmit confirmation messages, on the basis of which the sending node builds a route while saving it in its routing table for retransmission of packets to this destination. In case of the absence of one of the previously used route nodes, the procedure starts searching for a new route to the desired destination. Reactive ones require significantly less network bandwidth than proactive ones. However, they introduce a significant delay at the stage of determining routes between specific nodes.

Hybrid protocols combine the mechanisms for generating routing tables specific to proactive and reactive protocols. In particular, a number of subnets are allocated on the network, within which one of the types of proactive protocols is used, and routing between subnets is based on reactive protocols. This approach reduces the size of the routing tables of nodes within the corresponding subnets and reduces the volume of current service information, since the bulk of it circulates within the subnets.

In this work, it was decided to implement a proactive routing protocol, since it is assumed that the network will be small, so there will not be much large amounts of service information of nodes in the network. Also, when choosing a protocol, attention was focused on the data and packet rates for building a network map. Transmission time should be minimal. The most popular proactive protocol is the OLSR protocol. This protocol is discussed in more detail in the next section.

2.4 Selecting an algorithm for creating a network of objects

Among the available routing algorithms, the algorithm underlying the proactive OLSR routing protocol was selected.

Features of the OLSR protocol:

- The required data path is immediately available.
- Nodes disseminate information about channels with neighboring nodes that are in their set of multipoint repeaters.
- Avalanche routing is reduced by using only multipoint relay nodes to send information over the network.
- It does not require reliable transmission, as updates are sent periodically.
- Does not require delivery in order, as serial numbers are used to prevent misinterpretation of outdated information.
- Using hop-by-hop routing, that is, routes are based on dynamic table components supported on intermediate nodes.

2.4.1 Description of the algorithm

OLSR is based on a broadcast mechanism to update network topology information. A feature of the protocol is that this information is known to each network node. In OLSR, a host sends its so-called HELLO message to its neighboring nodes, which is not further sent. Nodes detect a change in network topology using received HELLO messages from neighbors.

The node informs its neighbors of the connections available to it. Each subscriber stores information about his one-step neighbors [6] and two-hop neighbors [7].

At the first stages (when the node was just connected to the network) in the HELLO messages sent by the node, the fields “Neighbors”, “Repeaters”, “Selectors” will be empty. Later, after the node receives HELLO messages from other nodes, the list of neighbors and the list of selectors must be replenished (modified). Then, during subsequent sending of HELLO messages, the node will inform the neighboring nodes (located in its radius of action) of the existing neighbors and the list of repeaters.

The list of neighbors changes as follows: each time after receiving a HELLO message, the node from which the message was received is searched in the existing list of neighbors. If there is no such node yet, then it is added to the list, otherwise nothing happens.

The list of selectors is changed as follows: the node that received the HELLO message scans the received list of repeaters. If the node finds itself in this list, it writes the node from which the message was received to the list of its selectors. If the node from which the message is received is already in the list of selectors, then this node is not added to avoid repetitions. If the node itself is not in the received list of repeaters, but in its list of selectors there is a node from which the message is received, then the last node is excluded from the list of selectors. The selector list includes nodes that have selected the current node as a relay.

Each time after changing the list of neighbors, the node must redefine the list of its repeaters. Repeaters of node A are considered to be its neighbor nodes, through which you can reach all the neighbors of node A, which are no more than two jumps (hop) from it.

HELLO messages are sent at a specified interval. If for a certain time the node does not receive a HELLO message from a neighbor, then the connection with it is considered broken. The corresponding change is made to the subscriber network topology table. In addition to everything on the network, nodes periodically transmit a broadcast TC message (topology control). This message contains information about the connection of the subscriber with one-step neighbors.

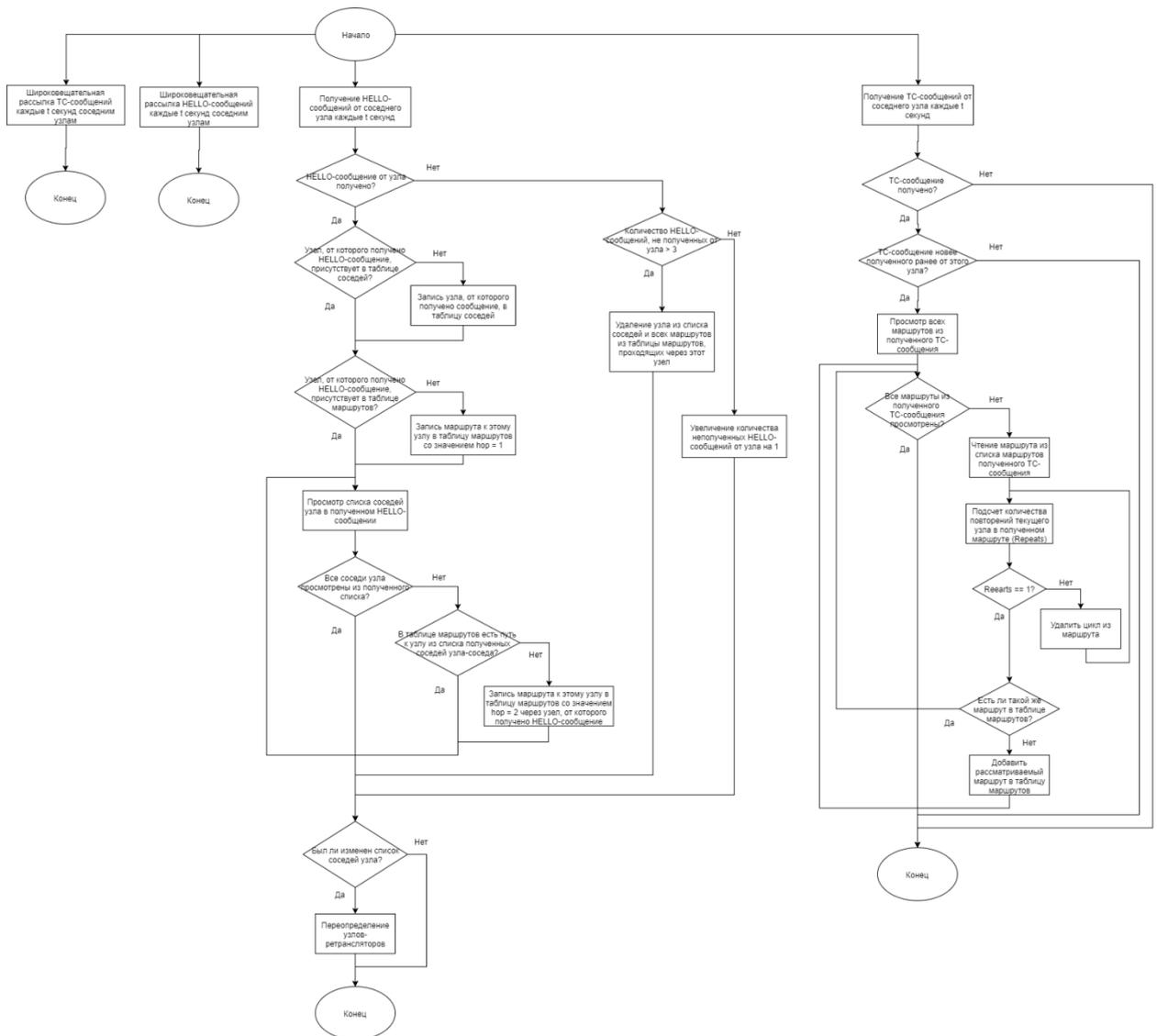
Repeater selection algorithm: using the lists of neighbors received in HELLO messages from neighboring nodes, the node must fill in its set of neighbors accessible after 2 hops. After that, from the obtained sets, you can find hanging nodes (nodes having only one neighbor) that occur only once, and immediately add the nodes through which they are accessible to the list of repeaters. After that there is a check: if all nodes from the compiled lists are accessible through the added repeaters, if so, then the set of repeaters is found; if not, then a further search for repeaters is carried out and again a check.

Based on the information received from the TC and HELLO messages, the node constructs a graph that describes the idea of building a network for this node. Using this graph, a table is constructed of the shortest ways of transmitting information to each node. Obviously, in this way of organizing communication between nodes there is a significant drawback. A natural situation is when a two-step neighbor can be one-step for two or more one-step neighbors of the transmitting node. Then, a situation will arise in which the two-step neighbor will receive the same HELLO message several times. To solve such situations, OLSR provides a method for optimizing the distribution of network status information Multipoint Relay (MPR). According to the network topology table, the node selects one-step neighbors (MPR_Relay) with symmetrical coupling, which are

one-step neighbors of at least one two-step neighbor of this node. This method can reduce broadcast traffic [10].

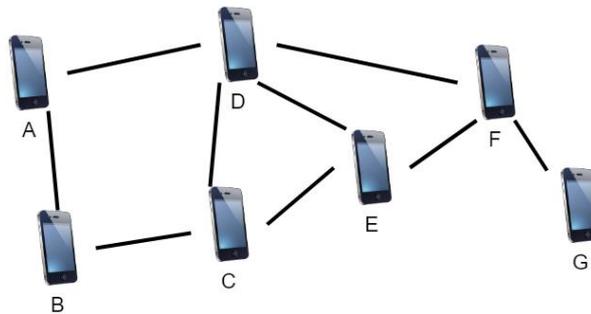
The node must process all received TC messages (TC - Topology Control). These messages are generated only by relay nodes (nodes whose set of selectors is nonempty). Every t seconds, TC messages are sent to all neighboring nodes, but only those nodes for which the sender of the message belongs to his set of MS (set of selectors) send these messages.

The general block diagram of the algorithm is presented in Picture 2:



Picture 2. General scheme of the algorithm

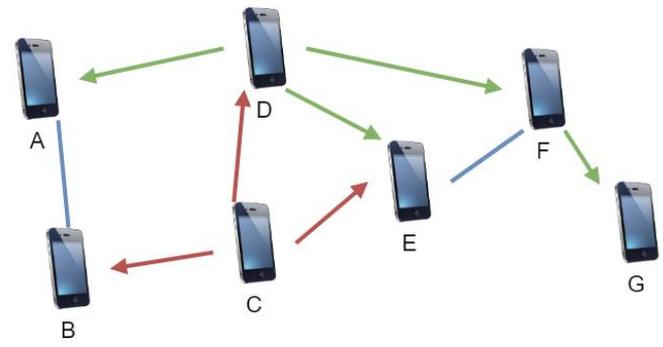
Let's take an example of how the algorithm works:



Picture 3. Host Map

Optimal sets of multipoint relays (Multipoint Relay - MPR (N)) for each node:

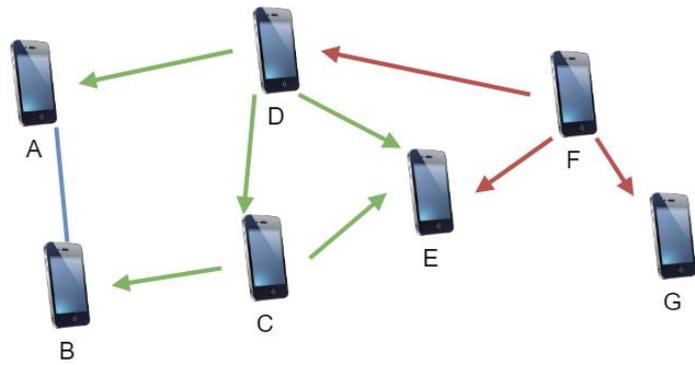
- | | |
|------------------|-------------------|
| MPR(A) = {4} | MS(A) = { } |
| MPR(B) = {3} | MS(B) = { } |
| MPR(C) = {4} | MS(C) = {2,4,5} |
| MPR(D) = {3,6} | MS(D) = {1,3,5,6} |
| MPR(E) = {3,4,6} | MS(E) = { } |
| MPR(F) = {4} | MS(F) = {4,5,7} |
| MPR(G) = {6} | MS(G) = { } |



Picture 4. Broadcast TC message from Node C

Node D creates a TC message by declaring nodes in MS (D) = {1, 3, 5, 6}.

Nodes C and F redirect TC (D), because Node D belongs to MS (C) and Node D belongs to MS (F).



Picture 5. Broadcast TC message from Node F

Node F creates a TC message by declaring nodes in $MS(F) = \{4, 5, 7\}$.

Node D forwards TC (F) from node F, and Node C forwards TC (F) from node D.

After the nodes C, D, and F have created TC messages, all nodes have routing information about the state of the channels in any node.

Having received TC information, each node forms a topological table. The route table is calculated from the topological table. It should be noted that channel A – B is visible only to nodes B and C.

Topological table for Node C:

Destination	Next	Hops
1	4	2
2	2	1
4	4	1
5	5	1
6	4 (5)	2
7	4 (5)	3