

г. Пенза

ГБУ ПО ДО «Центр развития творчества детей и юношества»

Секция: «Физика»

**Исследование физические основ передачи информации с
использованием технологии Li-Fi**

Работу выполнил:

Аляева Виктория, 2008 г.р..

Научный руководитель:

Пеганов Станислав Юрьевич

Пенза 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЦЕЛЬ:.....	5
ЗАДАЧИ:	5
АКТУАЛЬНОСТЬ:.....	5
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	6
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:	15
Назначение:	15
Состав устройства:	15
Схема передающего устройства	15
Схема принимающего устройства.....	16
Принцип работы системы	16
Тестирование	Error! Bookmark not defined.
Заключение:.....	23
Литература:.....	23

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность передачи данных в современном мире не вызывает сомнений. С каждым годом объем информации растет, и людям требуется все больше способов для ее передачи. Одним из самых популярных способов является интернет. Интернет позволяет людям общаться, находить информацию, покупать товары и многое другое. Но кроме интернета, существуют и другие способы передачи данных, такие как мобильные телефоны, компьютеры, планшеты и другие устройства. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки, но все они играют важную роль в нашей жизни.

Развитие технологий передачи данных идет в двух основных направлениях: увеличение скорости передачи и уменьшение затрат на передачу. С увеличением скорости передачи данных мы можем получать и отправлять информацию быстрее, что позволяет нам работать и общаться более эффективно. Уменьшение затрат на передачу данных позволяет нам использовать интернет и другие технологии более широко, не беспокоясь о высоких тарифах. Кроме того, развитие технологий передачи данных способствует созданию новых продуктов и услуг, которые улучшают нашу жизнь.

С развитием технологий передачи данных, также становится все актуальнее их защита в современном мире. С развитием технологий и увеличением объема информации, которую мы храним и передаем, возрастает и риск ее утечки или искажения. Для защиты данных используются различные методы, такие как шифрование, контроль доступа, резервное копирование и другие. Важно понимать, что защита данных не только предотвращает их утечку, но и обеспечивает безопасность наших личных и профессиональных данных.

Одной из современных технологий передачи данных является технология Li-Fi.

Li-Fi был изобретен в 2011 году финским ученым Харальдом Хаасом и британским ученым Дэвидом Виком. Они создали технологию, которая использует свет для передачи данных вместо радиоволн. Li-Fi стал популярным благодаря своей высокой скорости передачи данных и отсутствию помех. В настоящее время Li-Fi используется во многих областях, включая домашние сети, индустрию развлечений и образование.

ЦЕЛЬ:

1. Изготовить систему передачи данных с помощью Li-Fi.
2. Провести исследования созданной системы, зависимости дальности и скорости передачи данных от различных факторов.

ЗАДАЧИ:

1. Изучить теоретические сведения о системах передачи данных на основе Li-Fi
2. Разработать устройство передачи данных Li-Fi.
3. Разработать программу для передачи данных.
4. Провести исследования и измерения зависимости скорости и дальности передачи от различных факторов.

АКТУАЛЬНОСТЬ:

Технология Li-Fi (LightFidelity) представляет собой инновационный метод беспроводной передачи данных, использующий видимый свет вместо радиоволн. Эта технология имеет огромный потенциал для дальнейшего развития и интеграции в различные отрасли. Цель – заменить радиочастотные сигналы сигналами, исходящими от источников света.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

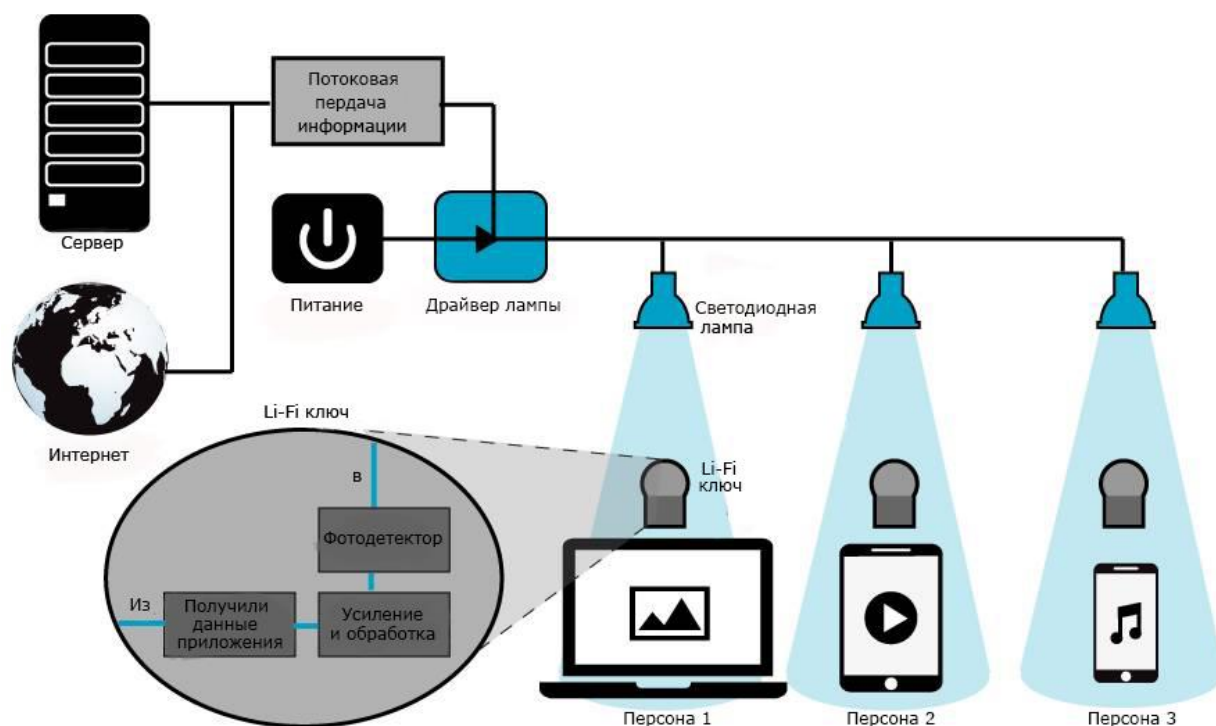
Текущие технологии Wi-Fi, Bluetooth и т.д. на которые мы используем, имеют свои ограничения с точки зрения скорости, ёмкости и безопасности.

В отличие от Wi-Fi, в котором используются радиоволны, Li-Fi может достигать скорости передачи данных до 250 Гбит/с. Что делает его идеальным для задач, требующих высокой пропускной способности. Таких как приём или передача потокового видео сверхвысокой четкости, организация удалённых рабочих мест, облачный гейминг, виртуальная реальность и др.

Кроме того с точки зрения безопасности передачи информации, распространение световых сигналов в помещении имеет меньшую уязвимость. Именно Li-Fi является перспективным будущим для сферы информационной безопасности. Li-Fi можно использовать для создания безопасной и надёжной сети связи для различных объектов и техники. Используя Li-Fi, подразделения могут передавать важную информацию, риска несанкционированного распространения. Поскольку сигналы Li-Fi не распространяются на большие расстояния и не проникают сквозь стены, перехватить их будет практически невозможно.

Свет, в отличие от радиосигналов, может распространяться в воде. Это может в корне изменить способ коммуникации подводных аппаратов.

Li-Fi (Light Fidelity) - это технология беспроводной передачи данных, которая использует видимый свет для передачи данных в помещении. Эта технология была разработана в 2011 году профессорами Харальдом Хаасом из Университета Тампере в Финляндии и доктором Дэвидом Виком из Университета Крэнфилда в Англии.



Принцип работы Li-Fi основан на том, что световые сигналы могут быть использованы для передачи информации аналогично тому, как радиоволны используются в традиционных Wi-Fi сетях. Вместо использования радиоволн для передачи данных, Li-Fi использует световые сигналы, которые не требуют лицензирования и обеспечивают более высокую пропускную способность по сравнению с Wi-Fi.

Li-Fi имеет ряд преимуществ перед традиционными Wi-Fi сетями. Во-первых, световые сигналы не имеют препятствий, таких как стены или мебель, что обеспечивает более стабильную и быструю связь. Во-вторых, световые сигналы безопасны для человеческого организма, в отличие от радиоволн, которые могут вызывать различные заболевания. В-третьих, световые сигналы можно использовать для передачи данных на большие расстояния, что делает Li-Fi идеальным решением для больших помещений или открытых пространств.

Скорость передачи данных в Li-Fi зависит от частоты, на которой передаются световые импульсы. Чем выше частота, тем выше скорость передачи данных. В настоящее время Li-Fi позволяет передавать данные со скоростью до нескольких гигабит в секунду.

Преимущества Li-Fi технологии:

1. Высокая скорость передачи данных: Li-Fi обеспечивает скорость передачи данных до нескольких гигабит в секунду, что значительно выше, чем у традиционных Wi-Fi сетей.
2. Отсутствие препятствий: Li-Fi сигнал проходит через стены и другие препятствия, что обеспечивает стабильную и надежную связь в помещении.
3. Низкое энергопотребление: Использование LED-светодиодов потребляет меньше энергии по сравнению с традиционными источниками освещения.
4. Безопасность для здоровья: Li-Fi не использует радиоволны, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье человека, а вместо этого использует безопасные световые волны.
5. Отсутствие помех от радиоизлучения: Li-Fi не создает электромагнитного шума, что делает эту технологию привлекательной для использования в местах, где важно минимизировать радиочастотные помехи (например, в больницах, самолетах).
6. Совместимость с существующей инфраструктурой: Технология может работать совместно с уже установленными системами освещения, делая её внедрение относительно простым.
7. Экологичность: Li-Fi не использует вредные материалы и не производит вредных излучений, что делает его более экологичным по сравнению с традиционными Wi-Fi устройствами.

Да, Li-Fi технология имеет несколько недостатков:

1. Ограниченное покрытие: Li-Fi работает только в пределах прямой видимости, что может ограничить его применение в больших помещениях или на открытом воздухе.
2. Необходимость специального оборудования: Для использования Li-Fi необходимо иметь специальное оборудование, которое может быть дорогим для некоторых пользователей.

3. Интерференция с другими источниками света: Li-Fi сигналы могут интерферировать с другими источниками света, такими как светодиодные лампы, что может снижать качество сигнала.
4. Меньшая дальность действия по сравнению с Wi-Fi: Li-Fi имеет меньшую дальность действия по сравнению с Wi-Fi, что может быть проблемой для некоторых пользователей.
5. В большинстве случаев однонаправленная передача.

Несмотря на эти недостатки, Li-Fi продолжает развиваться и уже используется в некоторых коммерческих и научных приложениях. Возможно, в будущем эта технология станет более доступной и популярной среди пользователей.

В определении дальности и достоверности передачи данных в технологии Li-Fi ключевую роль играет вид модуляции. Вот как различные виды модуляции влияют на эти параметры:

ООК (On-OffKeying) — это самый простой вид модуляции, который используется в некоторых системах Li-Fi. Он представляет информацию путём включения и выключения источника света. Этот метод подходит для коротких расстояний и менее требовательных приложений, где не нужна высокая скорость передачи данных.

ASK (AmplitudeShiftKeying) обеспечивает более высокую скорость передачи данных по сравнению с ООК. Изменение амплитуды светового сигнала позволяет передавать больше информации за единицу времени. Однако этот метод может быть менее надёжным на больших расстояниях из-за потерь интенсивности света.

FSK (FrequencyShiftKeying) использует две или более частоты света для кодирования информации. Это позволяет увеличить пропускную способность системы Li-Fi и улучшить качество связи. FSK также обеспечивает большую дальность передачи по сравнению с ASK, так как изменения частоты менее подвержены влиянию помех.

PWM (PulseWidthModulation) изменяет длительность импульсов света для представления данных. Этот метод обеспечивает точное управление яркостью света и может использоваться для передачи сложных сигналов. PWM подходит для приложений, требующих высокой точности управления освещением, но может иметь ограниченную дальность передачи из-за потери энергии при распространении световых импульсов.

QAM (QuadratureAmplitudeModulation) сочетает изменения амплитуды и фазы световых волн для кодирования информации. QAM позволяет передавать больше бит за символ, что увеличивает скорость передачи данных и улучшает использование доступной световой мощности. Этот метод модуляции обеспечивает высокую достоверность передачи на больших расстояниях благодаря эффективному использованию светового спектра.

Таким образом, выбор подходящего метода модуляции в Li-Fi зависит от требований к скорости передачи данных, расстояния между источником света и приёмником, а также от условий окружающей среды.

Li-Fi используется в различных областях, включая домашнюю сеть, индустрию развлечений, медицину и образование. В домашней сети Li-Fi может использоваться для подключения устройств внутри дома, таких как компьютеры, смартфоны и планшеты, без необходимости использования кабелей. В индустрии развлечений Li-Fi может быть использован для передачи видео и аудио сигналов на большие расстояния без потери качества. В медицине Li-Fi может использоваться для передачи медицинских данных между устройствами в больнице. В образовании Li-Fi может помочь в передаче данных между компьютерами и другими устройствами в классе.

Li-Fi уже используется во многих странах мира. Например, в Китае Li-Fi используется для подключения устройств в домах и офисах. В США Li-Fi используется для передачи данных в больницах и университетах. Также Li-Fi применяется в индустрии развлечений для передачи видео и аудио сигналов.

Основные перспективы развития Li-Fi:

1. Высокие скорости передачи данных

- **Гигабитные скорости:** Текущие прототипы Li-Fi уже демонстрируют скорости передачи данных, превышающие 10 Гбит/с. С дальнейшими усовершенствованиями в области оптических компонентов и схем модуляции, эта скорость может быть увеличена до сотен гигабит в секунду.

- **Широкая полоса пропускания:** Свет имеет гораздо более широкую полосу пропускания по сравнению с радиоволнами, что открывает возможности для передачи огромных объемов данных практически мгновенно.

2. Энергетическая эффективность

- **Экономия энергии:** Использование светодиодных ламп для передачи данных одновременно с освещением помещений позволяет значительно сократить потребление энергии. Это особенно актуально в контексте стремления к созданию энергоэффективных зданий и городов.

- **Интеграция с умными домами и городами:** Li-Fi может стать ключевым элементом умных домов и городов, обеспечивая быструю и экономичную передачу данных между различными устройствами и датчиками.

3. Безопасность и конфиденциальность

- **Защита от перехвата:** Так как световые волны не проходят через стены, Li-Fi-соединения защищены от внешнего перехвата. Это делает технологию особенно привлекательной для использования в сферах, требующих высокой степени конфиденциальности, таких как банковская сфера, медицина и государственные учреждения.

- **Отсутствие радиочастотных помех:** Li-Fi не создает радиочастотные помехи, что делает его идеальным решением для использования в средах, где радиочастотные сигналы могут мешать работе чувствительного оборудования, например, в больницах или самолетах.

4. Масштабируемость и доступность

- **Легкость развертывания:** Li-Fi может быть легко интегрирован в существующие осветительные системы, что упрощает процесс его внедрения и снижает затраты на инфраструктуру.

- **Доступность для массового рынка:** По мере снижения стоимости компонентов и повышения их доступности, Li-Fi станет доступным для широкого круга потребителей, что приведет к массовому внедрению этой технологии в повседневную жизнь.

5. Новые приложения и сценарии использования

- **Автомобильная промышленность:** Li-Fi может использоваться для связи между автомобилями (V2V) и дорожной инфраструктурой (V2I), обеспечивая быстрый обмен данными о дорожном движении и предотвращении аварий.

- **Промышленные применения:** Li-Fi может применяться в производственных цехах, где радиочастотные сигналы могут создавать помехи или быть опасными для оборудования.

- **Образование и развлечения:** Li-Fi может обеспечить высокоскоростной доступ к образовательным ресурсам и развлекательному контенту в учебных заведениях и общественных местах.

6. Стандартизация и сертификация

- **Создание международных стандартов:** Работа над созданием единых стандартов для Li-Fi продолжается, что обеспечит совместимость оборудования от разных производителей и упростит внедрение технологии.

- **Сертификация продукции:** Сертифицированные продукты будут соответствовать высоким стандартам качества и надежности, что повысит доверие потребителей к этой технологии.

7. Исследования и разработки

- **Усовершенствование оптических компонентов:** Продолжается работа над созданием более эффективных светодиодов, фотоприемников и оптических фильтров, что позволит еще больше повысить производительность и надежность Li-Fi.

- **Разработка новых протоколов и алгоритмов:** Исследователи продолжают работать над новыми методами модуляции и кодирования, которые позволят еще больше увеличить скорость передачи данных и уменьшить влияние помех.

Ключевую роль в определении дальности и достоверности передачи данных в технологии Li-Fi играет вид применяемой модуляции. Вот как различные виды модуляции влияют на эти параметры:

OOK (On-OffKeying) — это самый простой вид модуляции, который используется в некоторых системах Li-Fi. Он представляет информацию путём включения и выключения источника света. Этот метод подходит для коротких расстояний и менее требовательных приложений, где не нужна высокая скорость передачи данных.

ASK (AmplitudeShiftKeying) обеспечивает более высокую скорость передачи данных по сравнению с OOK. Изменение амплитуды светового сигнала позволяет передавать больше информации за единицу времени. Однако этот метод может быть менее надёжным на больших расстояниях из-за потерь интенсивности света.

FSK (FrequencyShiftKeying) использует две или более частоты света для кодирования информации. Это позволяет увеличить пропускную способность системы Li-Fi и улучшить качество связи. FSK также обеспечивает большую дальность передачи по сравнению с ASK, так как изменения частоты менее подвержены влиянию помех.

PWM (PulseWidthModulation) изменяет длительность импульсов света для представления данных. Этот метод обеспечивает точное управление яркостью света и может использоваться для передачи сложных сигналов. PWM подходит для приложений, требующих высокой точности управления освещением, но может иметь ограниченную дальность передачи из-за потери энергии при распространении световых импульсов.

QAM (QuadratureAmplitudeModulation) сочетает изменения амплитуды и фазы световых волн для кодирования информации. QAM позволяет

передавать больше бит за символ, что увеличивает скорость передачи данных и улучшает использование доступной световой мощности. Этот метод модуляции обеспечивает высокую достоверность передачи на больших расстояниях благодаря эффективному использованию светового спектра.

Таким образом, выбор подходящего метода модуляции в Li-Fi зависит от требований к скорости передачи данных, расстояния между источником света и приёмником, а также от условий окружающей среды.

Перспективы развития Li-Fi чрезвычайно многообещающи. Эта технология имеет потенциал для значительного улучшения существующих систем связи, обеспечения высокой скорости передачи данных, безопасности и энергоэффективности. С дальнейшими исследованиями и разработками Li-Fi может стать неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, изменяя способы обмена информацией и взаимодействия между людьми и устройствами.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Назначение:

Система передачи данных Li-Fi предназначена для передачи информации между компьютерами с использованием платы ArduinoUno/

Состав устройства:

1. Две платы ArduinoUno
2. Блок питания
3. Светодиод 10Вт.
4. Линза.
5. Модуль лазерного приемника RCK205545

Схема передающего устройства

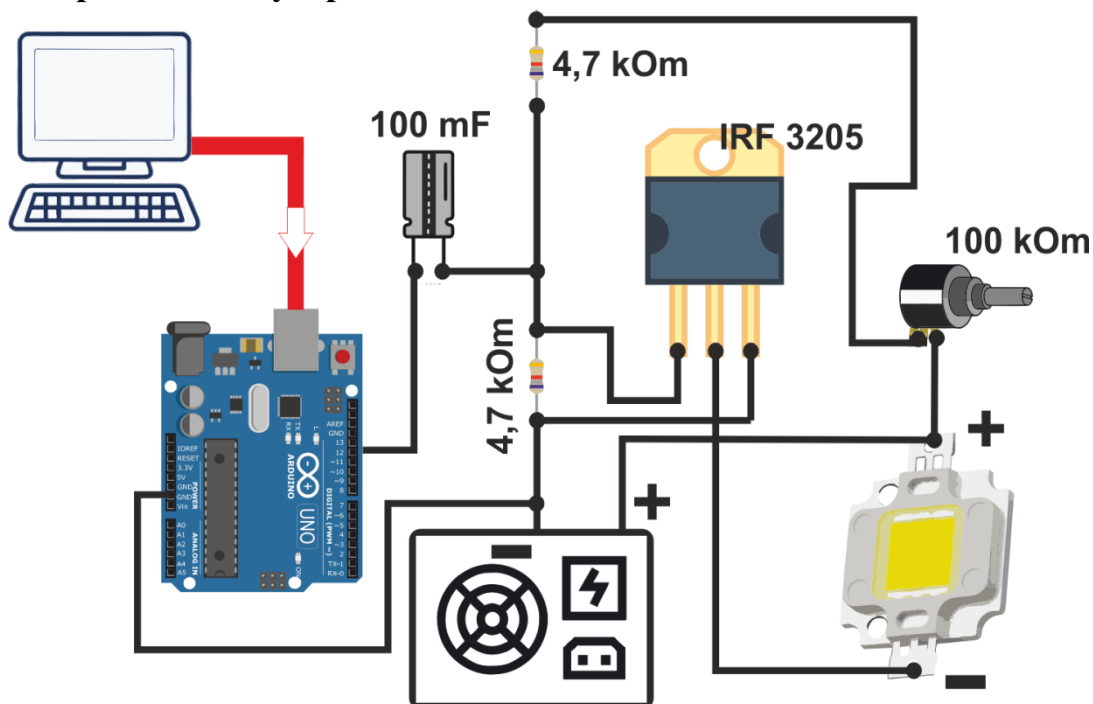
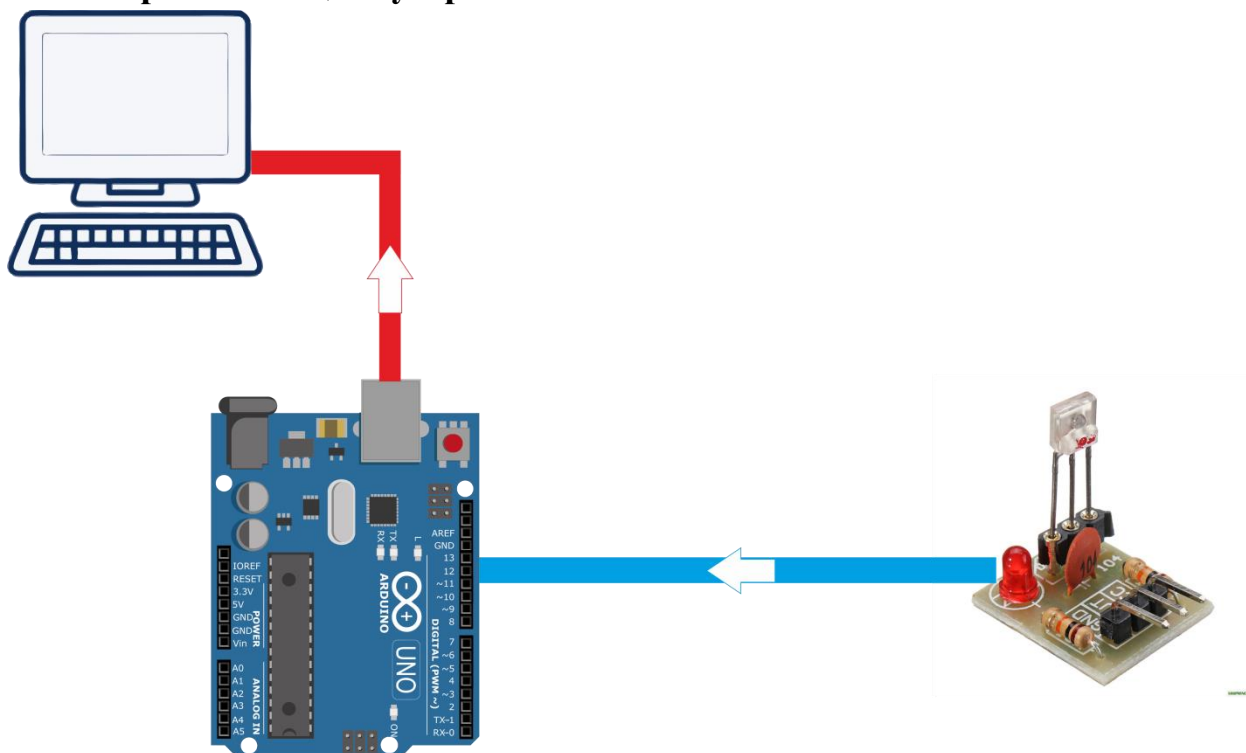


Схема принимающего устройства



Принцип работы системы

Созданная мною система передает данные с помощью светового потока модулируемого по амплитуде (амплитудная модуляция). Источником модулируемого светового потока является светодиод мощностью 10 Вт. Модуляция данных передаваемых с Arduino Uno производится за счет использования мощного полевого транзистора IRF3205.

Прием информации производится с использованием модуль лазерного приемника RSK205545. Модуль имеет цифровой выход. Непосредственно для приема и обработки лазерного луча в модуле использован специализированный цифровой фотодиод с максимумом спектральной характеристики 650 нм.

Исследования и измерения зависимости скорости и дальности передачи от различных факторов.

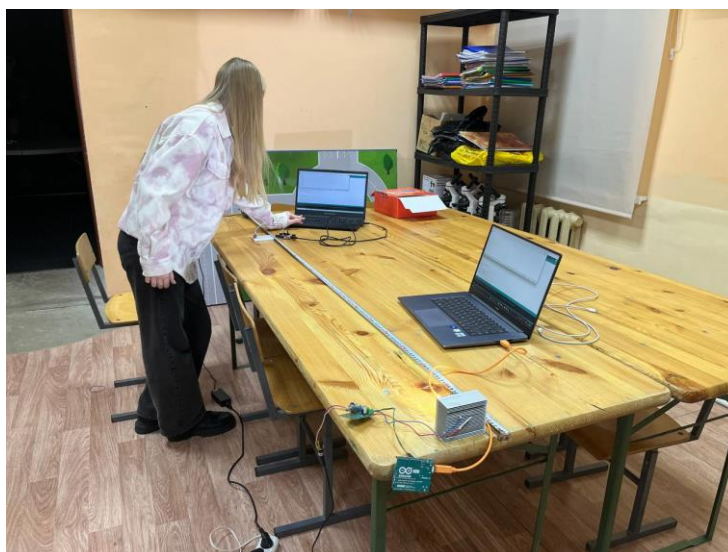
Мною была разработана следующая последовательность исследований:

1. Зависимость максимальной скорости от дальности передачи при полном отсутствии ошибок. При искусственном освещении помещения и без него.
2. Зависимость максимальной скорости и дальности передачи от линейного отклонения приемника от нормали к источнику света. При искусственном освещении помещения и без него.
3. Влияние использования бленд приемника светового излучения на скорость и дальность передачи.
4. Зависимость максимальной скорости и дальности передачи в условиях водяного тумана.

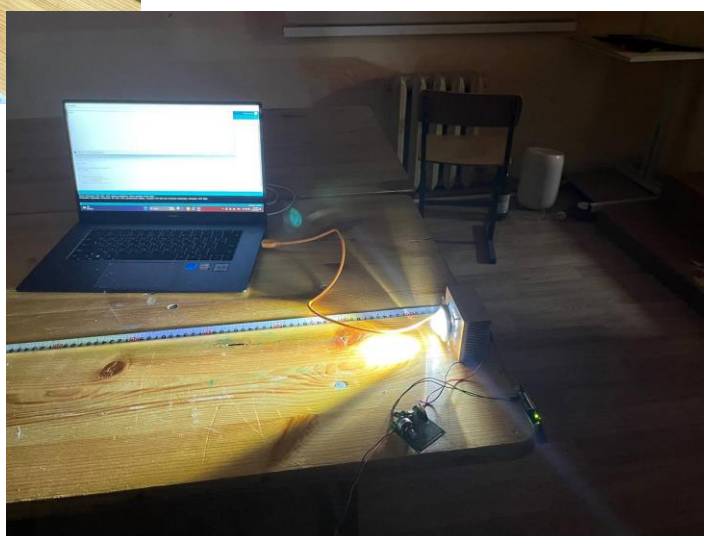
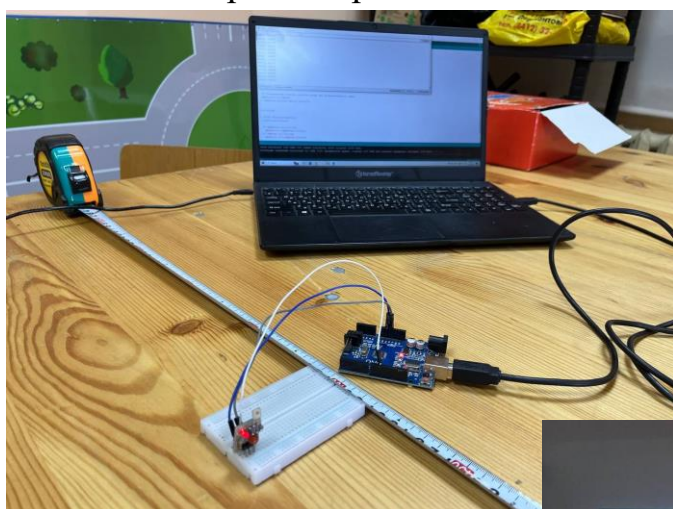
Тестирование данной системы показали отличные результаты, данные передавались в битовом формате с помощью светодиода и световой панели на плату Arduino Uno. Исходя из этого, можно сделать вывод о полной работоспособности предложенной мною системы

Зависимость максимальной скорости от дальности передачи при полном отсутствии ошибок

Для проведения данных измерений, на основе созданного мной устройства была смонтирована следующая установка (см. фото):



Для измерения расстояния между передающим светодиодом и приемником использовалась измерительная рулетка. Передающий компьютер посылал в канал связи стандартную тестовую фразу для микроконтроллера Arduino «HelloWord!», приемный компьютер должен был принимать данную без искажений. Для тестирования использовался стандартный ряд скоростей взаимодействия ПК с Arduino. Приемник в процессе тестирования отодвигался от светодиода с линзой до начала приема искажений, а затем приближался до момента уверенного приема. Результаты данных измерений приведены в таблице:

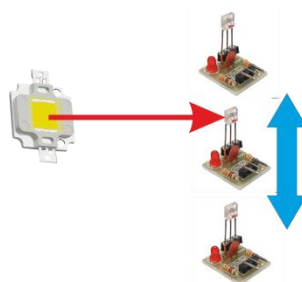


Скорость передачи (бит/с)	Расстояние Свет(м)	Расстояние Темнота(м)
115200	1,4	1,42
57600	1,50	1,55
38400	1,57	1,58
19200	1,62	1,63
9600	1,65	1,67

Интерпретация полученных результатов:

1. Скорость передачи в очень небольшой степени зависит от расстояния между приемно-передающими устройствами.
2. Данный результат говорит о низкой помехозащищенности применяемой амплитудной модуляции.
3. На скорость и дальность передачи практически никак не влияет внешнее освещение, по крайней мере в помещении.

Зависимость максимальной скорости и дальности передачи от линейного отклонения приемника от нормали к источнику света.



В следующей таблице показаны величины максимального линейного отклонения приемника от нормали к излучателю:

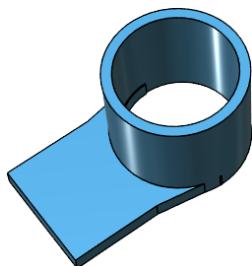
Скорость передачи (бит/с)	Расстояние Свет(м)	Расстояние Темнота(м)	Отклонение Свет(м)	Отклонение Темнота(м)
115200	1,4	1,42		
57600	1,50	1,55	0,13	0,10
38400	1,57	1,58	0,21	0,06
19200	1,62	16,3	0,16	0,07
9600	1,65	1,67	0,15	0.06

Данные результаты показывают:

1. Что при использовании источника света с линзой и получение таким образом, параллельного пучка света, требует размещение приемника в зоне радиусом 15-20см от нормали проведенной к центру источника.
2. Можно предположить, что при использовании нескольких источников светового излучения, подключенных параллельно,

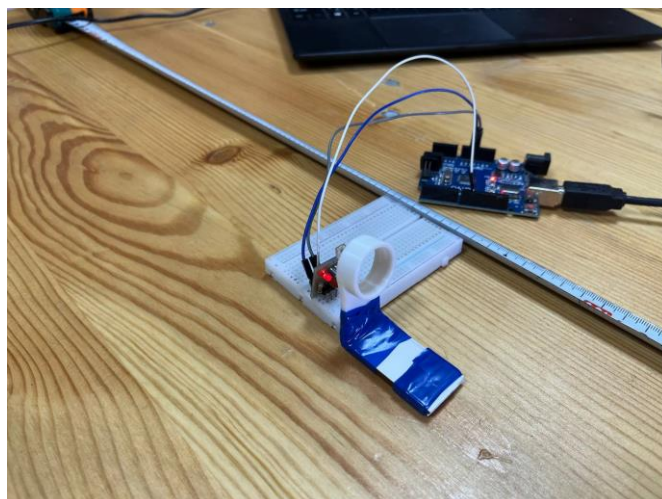
размещение приемника не будет влиять на скорость и дальность передачи.

Влияние использования бленд приемника светового излучения на скорость и дальность передачи.



Бленда предотвращает попадание нежелательного бокового света на приемное устройство.

Для проведения данного эксперимента на 3Дпринтере были изготовлены две бленды диаметром 20 мм и длиной 100 и 150 мм.



Бленда 100мм

Скорость передачи (бит/с)	Расстояние Свет(м)	Расстояние Темнота(м)	Отклонение Свет(м)	Отклонение Темнота(м)
115200	1,46	1,17	0,14	0,16
57600	1,74	1,51	0,10	0,11
38400	1,73	1,5	0,12	0,13
19200	1,75	1,54	0,11	0,10
9600	1,79	1,6	0,12	0,15

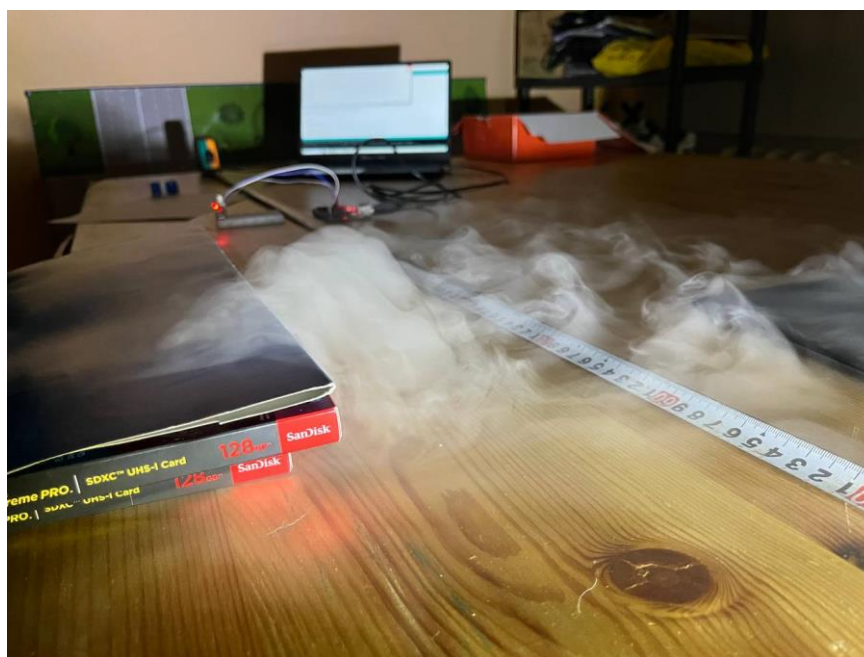
Бленда 200мм

Скорость передачи (бит/с)	Расстояние Свет(м)	Расстояние Темнота(м)	Отклонение Свет(м)	Отклонение Темнота(м)
115200	1,2	1,59	0,12	0,15
57600	1,6	1,58	0,14	0,13
38400	1,5	1,62	0,11	0,12
19200	1,57	1,56	0,09	0,20
9600	1,64	1,23	0,17	0,18

Данные результаты, показывают, что использование короткой бленды дает незначительное увеличение дальности передачи, но при этом уменьшает величину отклонения приемника от нормали.

Скорость передачи (бит/с)	Расстояние Свет(м)		Расстояние Темнота(м)		Отклонение Свет(м)		Отклонение Темнота(м)	
	Без бленды	С блендой 100 мм	Без бленды	С блендой 100 мм	Без бленды	С блендой 100 мм	Без бленды	С блендой 100 мм
115200	1,4	1,46	1,42	1,17		0,14		0,15
57600	1,50	1,74	1,55	1,51	0,13	0,10	0,10	0,13
38400	1,57	1,73	1,58	1,5	0,21	0,12	0,06	0,12
19200	1,62	1,75	16,3	1,54	0,16	0,11	0,07	0,20
9600	1,65	1,79	1,67	1,6	0,15	0,12	0,06	0,18

Зависимость максимальной скорости и дальности передачи в условиях водяного тумана.



В качестве водяного тумана использовался бытовой увлажнитель, вырабатываемый водяной пар подавался в зону приема передачи устройства.

Скорость передачи (бит/с)	Расстояние Свет(м)		Расстояние Темнота(м)	
	Без бленды	С блендой 100 мм	Без бленды	С блендой 100 мм

115200	0,98	1,06	0,81	0,91
57600	1,17	1,37	0,97	1,1
38400	1,26	1,4	1,03	1,2
19200	1,3	1,23	1,04	1,21
9600	1,21	1,28	1,17	1,13

Как видно из результатов эксперимента в условиях тумана произошло значительное уменьшение дальности передачи.

Заключение:

Созданная мною система может передавать различные данные с помощью Li-Fi и может быть предложено на различных предприятиях, например в общественном транспорте, выставочных залах, офисных пространствах и кафе

Преимуществом такой системы является её низкая цена, также, видимый свет данной системы не вступает в противоречие с другими электромагнитными частотами.

Недостатком данной системы является необходимость прямой видимости между передатчиком и приемником. И при яркой засветке, например, солнечным светом возможны сбои и ошибки в работе.

В дальнейшем планируется работа над реализацией передачи файлов, а также над увеличением помехозащищённости при передаче информации и использовании более совершенных видов модуляции светового сигнала.

Литература:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Li-Fi>
2. <https://iot.ru/wiki/li-fi>
3. <https://wiki5.ru/wiki/Li-Fi>