

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 519.688

Добровольский
Денис Александрович

Синтезатор световых эффектов

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-40 80 01 «Элементы и устройства вычислительной
техники и систем управления»

Научный руководитель
Шемаров Александр Иванович
Доцент, кандидат технических наук

Минск 2020

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В современном мире искусства человечество освоило разнообразие всевозможных способов передачи образов. Раньше творчество выражалось в виде ловкости и умения рук человека, что мы можем наблюдать в таких форматах изложения, как картины, песни и архитектура. А сейчас, с развитием информационных технологий, рядом с мастером рука об руку идут вычислительные системы, упрощая процесс создания и в той же мере увеличивая возможности для самовыражения автора. Художники могут использовать большой выбор приложении, предлагающие всевозможный выбор цветов и форм для иллюстраций, композиторы могут полностью менять звучание всей музыки простой заменой инструментов, а системы автоматизированного проектирования для архитекторов позволяют придать форму даже самым причудливым фантазиям.

И среди всего разнообразия творчества театральное искусство всегда было областью, объединяющей всё в единое целое литературы, музыки, хореографии, вокала, изобразительного искусства. Объединение несколько направлений выходит в новые вопросы, одним из которых стало освещение сцены. Если раньше для сцены было достаточно зажигать свечи или лампы, то с изобретением более новых источников света, задача освещения стала уходить всё дальше и дальше от поддерживающей роли к отдельному направлению творчества. Появление кинематографа, развитие массовых мероприятий и наконец организация концертов окончательно превратило работу с освещением в отдельное направление искусства.

Работа с освещением сцен в концертах напрямую связано с происходящим на ней действием что ставит эту задачу наравне со звуком. Однако если звук возможно регулировать в реальном времени с использованием специализированного оборудования – аудиомикшеров, процессоров и цифровых плагинов, то настройка освещения часто записывается заранее и обычно не редактируется во время выступления за исключением коррекции прожекторов с функцией автоматической слежки.

Процесс разработки световой партитуры - это долгий и кропотливый процесс, в течении которого режиссер освещения настраивает и задает макросы для каждого интеллектуального прожектора относительно времени. И хотя существуют системы автоматизированного проектирования, позволяющие упростить и ускорить процесс разработки как конструкции

массива осветительных устройств так и её симуляции, создание световой партитуры и её прогрессии для интеллектуальных прожекторов целиком лежит на плечах режиссера освещения. Для создания партитуры режиссер должен учитывать не только эмоциональный образ, который должна вызывать исполняемая световая партитура, но и технические ограничения существующей системы управления интеллектуальными прожекторами.

В итоге сложность проектирования световой партитуры и временные затраты на её настройку ограничивает использование потенциала оборудования на полную мощность в местах, где нет возможности по экономическим или другим причинам иметь своего режиссера освещения. Например, в таких местах как небольшие концертные залы, площадки в клубах или в гастролирующих группах.

В таких случаях в дело вступает автоматизированная система управления интеллектуальными прожекторами, которая позволяет синтезировать световую партитуру на основе алгоритмов, что используют аудиосигнал в качестве основы для синтеза.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является разработка алгоритма автоматического синтеза и контроля световой партитуры для системы управления прожекторами на основе входящего аудиосигнала.

В соответствии с поставленной целью, в работе сформулированы и решены следующие задачи:

1. Исследовать и проанализировать существующие методы решения задачи автоматической генерации световой партитуры на основе аудиосигнала
2. Классифицировать современные алгоритмы анализа аудиосигнала.
3. Сформулировать направление усовершенствования данных систем, сформулировать технические требования для системы синтеза световой партитуры на основе анализа аудиосигнала.
4. На основе выбранных методов выполнить экспериментальную проверку алгоритма.

Объектом исследования является синтезатор как компьютеризированный инструмент для создания и фиксации световой партии светомузыкального произведения для систем управления интеллектуальными прожекторами.

Предметом исследования является система для преобразования гармонического аудиосигнала в набор управляющих команд для прожекторов.

Область исследования и содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй

ступени (магистратуры) специальности 1-40 80 01 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке алгоритма синтеза группы макросов системы управления интеллектуальными прожекторами путем выделения из аудиосигнала параметров, используемых для последующей сборки команд, вместе составляющих макросы управления для интеллектуальных прожекторов.

Положения выносимые на защиту

1. Алгоритм преобразования аудиосигнала в набор параметров для синтеза световой партитуры для системы управления интеллектуальными прожекторами. Полученная световая партитура содержит набор базовых команд для основных типов прожекторов.

2. Метод выделения набора параметров из аудиосигнала с использованием алгоритмов Songle и Spotify

3. Метод обработки данных на основе использованного алгоритма с использованием существующего бесплатного ПО MagicQ

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующей конференции: 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, 2019).

Публикации по результатам исследования

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликована 1 печатная работа в сборниках и материалах научных конференций.

Структура и объем диссертации

Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трех глав и заключения, библиографического списка и приложения. Общий объем диссертации – 66 страниц. Работа содержит 32 иллюстрации. Библиографический список включает 28 наименований, графический материал включает 5 слайдов презентации.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе «**Задача автоматической генерации световых эффектов**» рассматриваются основные принципы и технологии, используемые в создании и воспроизведения световой партии на концертах.

Основные задачи концертного освещения являются:

Зрительный контакт с действием происходящего на сцене. Регулируя освещение, режиссер может визуально выделить фрагмент сцены путем фокусирования света на отдельных участках сцены.

Управление вниманием зрителей. С помощью прожекторов режиссер освещения может не только создавать зрительный контакт со сценой, но также и дополнять его деталями о том, какая часть исполнения сейчас является более важной.

Создание атмосферы для эмоционального вовлечения зрителей. Использование методов задания динамики формы, цвета и направления световых лучей, для дополнения ощущений зрителей от действия на сцене.

Всего существует три распространенных способов контроля прожекторов в сценичном освещении. Все три способа могут использоваться на одной и той же световой партии в зависимости от текущих требований к освещению сцены

Реактивное освещение – все параметры элементов системы освещения являются результатами фильтрации входящего сигнала по параметрам, таким как мощность сигнала в полосе частот либо громкость звука.

Функциональное освещение - использует для задания параметров прожекторов циклические функции с определенной заданной частотой обновлений, зависимой от скорости мелодии входящего сигнала.

Макросное освещение – управление прожекторами путем задания очереди из состояний, именуемых макросами. Очередь макросов может автоматически управлять и изменять состояния прожекторов в определенные моменты по временной шкале. Каждый макрос содержит всю информацию о всех параметрах каждого интеллектуального прожектора, а также к какому времени эти параметры должны быть применены на прожекторах.

Для управления прожекторами существует единый стандарт команд через протокол **DMX512**. Данный протокол использует стандарт физического уровня RS-485 для передачи стека из 512 байт, именуемыми каналами к подключённым устройствам через разъём XLR3 со скоростью до 250 кб/с. Стандартное представление сети управления интеллектуальными прожекторами представляет из себя устройство управления с последовательно

подключенными к нему ведомыми прожекторами и замыкающим терминатором в конце, поглощающим остаток сигнала. Один подобный ряд из контроллера и прожекторов называется подсетью DMX.

Каждый интеллектуальный прожектор из одной подсети обладает установленными уникальными адресами, которые зачастую выбираются на самом устройстве. При получении из сети пакета DMX (рис 1), прожектор находит в пакете значение по заранее заданному адресу и перезаписывает свои параметры в соответствии с указанной в каналах информацией.

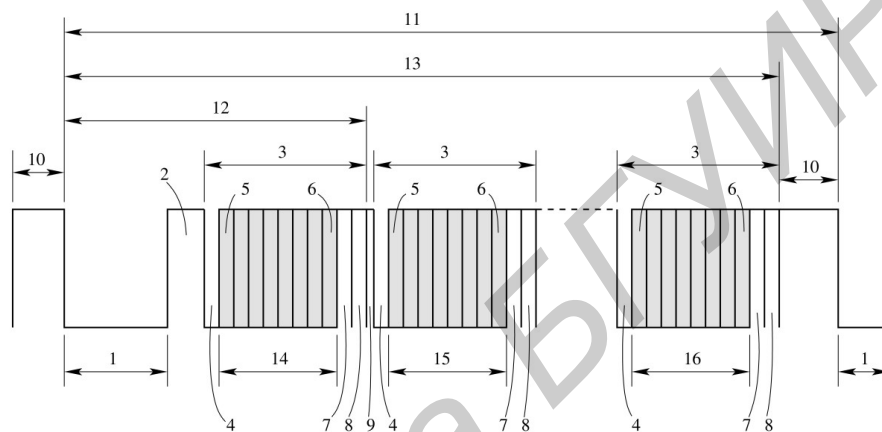


Рисунок 1 – Схема пакета алгоритма DMX512.

1 – пауза, 2 – заголовок пакета, 3 – слот канала, 4 - стартовый бит канала, 5, 6 – наименее и наиболее значащий бит, 7,8 – паузы, 9 – метка между каналами, 10 – метка перед паузой, 11 – время выполнения, 12 – управляющий канал сети, 13 – пакет DMX512, 14, 15, 16 – первый и последний канал сети

Данный протокол также имеет вариации, такие как **Art-Net**, позволяющая передавать команды по интернет-протоколу и **RDM**, особенность которого заключается в заполнении эфирного пространства между командами протокола DMX512 ответами от запрашиваемых устройств.

Существует три класса интеллектуальных прожекторов:

Поверхностный прожектор или Floodlight – интеллектуальные прожектора, используемые для заполнения фона сцены светом. В данный класс входят все устройства, состоящие из источника света и отражателем, не способный регулировать ширину угла освещения.

Точечный прожектор или Spotlights – интеллектуальные прожектора, использующие линзы для фокуса света на отдельных элементах сцены. В точечных прожекторах устанавливаются управляемые линзы, которые ограничивают и усиливают яркость луча только в определённом направлении.

Прожектора эффектов или FX Fissures – третий тип интеллектуальных прожекторов, в который входят все прожектора нестандартной формы, не соответствующие описанию точечных и поверхностных прожекторов.

Основные типичные параметры что используются для управления интеллектуальными прожекторами:

Управление яркостью – регулирует яркость лампы или светодиодов белого цвета в прожекторе.

Управление цветом – регулирует цвет прожектора в цветовом пространстве RGB, CMY, HSL или ультрафиолетовом цвете.

Управление степенью рассеивания луча – регулирует ширину и четкость границ луча интеллектуального прожектора.

Управление фильтром гобо – задает форму контура луча и его анимации.

Положение луча света – задает направление излучаемого света прожектора в пространстве.

Во второй главе «**Разработка метода автоматического синтеза световых эффектов**» приведены примеры анализа аудиосигнала и выделения групп параметров на основе их природы проявления:

Ритмическая группа указывает на параметры, которые обладают определенным периодом повторения, кратные друг другу.

Динамическая группа указывает на часто изменяющиеся параметры без определенного периода повторения

Стилистическая группа указывает на формат аудиосигнала и содержит параметры, которые не меняются либо меняются редко на протяжении всего времени аудиосигнала.

Были выделены и установлены следующие параметры аудиосигнала:

Ритм - выделенный повторяющийся ряд громких звуков с выдержанным паузами, периодически распределённых по временной шкале.

Темп - скорость исполнения музыкального произведения

Громкость - текущий уровень громкости фрагмента исполняемой мелодии.

Тон - высота звука по частоте относительно ионийского гармонического ряда частот

Тональность - соотношение ряда тонов аудиосигнала относительно выстроенного гармонического ряда тонов и интервалов.

Танцевальность – параметр, отвечающий за соответствие активности мелодии с физическими способностями человека

Активность – параметр, отвечающий за частоту событий в фрагменте аудиосигнала.

Позитивность – параметр, отвечающий за эмоциональное восприятие положительности мелодии человеком.

На основе выделенных параметров был составлен алгоритм генерации световой партии для системы управления световыми прожекторами. Для этого был использован **динамический метод**, который вместо прямой подачи команд на систему управления интеллектуальными прожекторами, подает команды на блок управления макросами, который в свою очередь формирует и загружает макросами для управляющего устройства.

Алгоритм использует простые макросы команд, такие как:

- Изменение цвета прожектора
- Изменение яркости свечения прожектора
- Вращение прожектора вокруг оси
- Наклон прожектора относительно центральной оси.

На первом этапе аудиосигнал полностью анализируется и выделяются все стилистические и ритмические параметры сигнала. На основе полученных нормированных значений создается первая палитра макросов. Следующим шагом макросы со схожими границами выполнения суммируются между собой, создавая палитру полных макросов, обладающими всеми четырьмя параметрами цвета, яркости, наклона и угла поворота.

Полученная палитра разделяется на три типа макросов:

Макросы заполнения, ритмично-обоснованные макросы для заполнения на протяжении всей мелодии.

Макросы возврата, которые используются для связи между текущим состояниями прожекторов и значениями, необходимыми для запуска следующего макроса.

Динамические макросы, которые активируются при пиках звукового сигнала.

Сами прожекторы в свою очередь, заранее разделяются на несколько групп в зависимости от положения и типа устройств:

Положение относительно сцены - нахождение прожекторов спереди или сзади, сверху или снизу, по центру или в крае сцены.

Положение относительно прожекторов с таким же типом параметризации и обладающими теми же наборами каналов управления.

Положение в группе идентичных устройств. В качестве группы может выступать как целая группа интеллектуальных прожекторов, так и

выделенные группы путем сортировки ряда через одно, два или три устройства.

Далее выделенные фрагменты из аудиосигнала заполняются полученными макросами и создается третья палитра макросов, содержащая готовые варианты макросов для сценичного освещения. Макросы с ближайшей динамикой освещения к аудио фрагментам подставляется в очередь макросов для системы управления интеллектуальными прожекторами для использования во время выступления.

В третьей главе «**Экспериментальная проверка метода**» был опробован алгоритм с использованием языка программирования JavaScript, библиотек анализа аудиосигнала Songle и Spotify, и проверкой результата на бесплатном программном обеспечении управления световым оборудованием MagicQ.

На основе данных двух библиотек проводится первичная запись и загрузка аудиодорожки. Из полученного сигнала через библиотеки были извлечены следующие параметры:

- Сегменты по композиции мелодии.
- Фрагменты стилей исполнения в сегментах.
- Темп мелодии.
- Жанр исполнения
- Ритм
- Тон
- Тональность
- Громкость
- Танцевальность
- Активность
- Позитивность

Каждый выделенный фрагмент аудиосигнала был разбит на части, кратные общему числу тактов в фрагменте. На часть нанесли простые макросы с основой в динамическом или ритмическом диапазоне. В качестве основы для составления макросов были использованы следующие параметры световых эффектов:

- **Цвет** – изменение оттенка в палитре HSL
- **Яркость** – уровень яркости от 0 до максимально допустимого значения.
- **Вращение** вокруг оси прожектора
- Увеличение или уменьшение **угла поворота** к оси прожектора

На основе параметров были сгенерированы следующие простые макросы:

- Плавный переход с одного цвета в другой.
- Резкий переход с одного цвета в другой.
- Плавное изменение яркости источника света.
- Яркие блики с определенной частотой мигания света.
- Вращение прожектора вокруг своей оси с кратной угловой скоростью.
- Покачивание прожектора с одной позиции в другую и обратно.
- Установка направления прожектора в одно из трех или четырех выбранных положений.

Полученные макросы были сформированы в группы макросов с одинаковыми временными рамками и помещены в фрагменты. После высчитывания энергий световой и музыкальной партии в фрагментах была сформирована очередь из макросов для рекомендованной световой партитуры к выступлению. Полученная группа макросов была загружена в программное обеспечение MagicQ и протестирована на световых прожекторах.

В результате работы метода полученный рекомендованный макрос смог продемонстрировать минимальное световое шоу после введенных нескольких степеней ограничений. Дополнительные ограничения были введены по более жесткой систематизации эффектов, а также ручному разграничению групп прожекторов по группам для вариации прожекторов.

Среди остальных предложенных макросов получилось составить другой набор макросов, который способен показать более эффективную подсветку с точки зрения потенциальной вовлеченности зрителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе было проведено исследование задачи синтеза световых эффектов на основе анализа входящего аудиосигнала.

В результате была разработана система по оценке параметров аудиосигнала, выбран и описан алгоритмы по преобразованию параметров аудиосигнала в набор макросов для системы контроля прожекторов. Описаны применяемое программное обеспечение для обработки аудиосигнала и создания световых эффектов.

В основе разработанной системы для синтеза световых эффектов лежит использование комплексных параметров аудиосигнала и генерация световых эффектов из простых односложных макросов. Система использует две библиотеки анализа сигнала для получения ряда постоянных и периодических сигналов для получения подробной информации о характере исполняемого произведения и использует полученные данные в создании односложных макросов для последующей генерации полных макросов для системы контроля световых эффектов.

Полученная система для преобразования аудиосигнала в световое представление представляет из себя многоступенчатый алгоритм, исполняемый на компьютере с предустановленным программным обеспечением для управления прожекторами MagicQ.

Система обеспечивает поддержку выступления на сцене с помощью предложения оптимальных настроек освещения, требует минимальной настройки и достаточно простое для управления пользователем.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1 – А Добровольский Д. А. Интеллектуализированная система управления световыми эффектами / Д. А. Добровольский // Компьютерные системы и сети: 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22-26 апреля 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2019. - С. 259 – 260. (<https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/35254>)

Библиотека БГУИР