

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СЖАТИЯ ДАННЫХ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ ПО BLE МЕЖДУ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОМ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Введение. Разработка и внедрение методов сжатия данных для ускорения передачи данных по Bluetooth Low Energy (BLE) между микроконтроллером и измерительным преобразователем - тема, представляющая значительный интерес и важность в области беспроводной связи и сенсорных технологий. В связи с растущим спросом на более быструю и эффективную передачу данных в различных приложениях исследование методов сжатия данных открывает возможность повысить производительность и надежность BLE-связи. Цель данной научной работы - изучить и проанализировать различные методы сжатия данных и их эффективность в ускорении передачи данных по BLE, что в итоге будет способствовать развитию беспроводных сенсорных сетей и устройств IoT.

Литературный обзор. Сжатие данных необходимо для эффективной передачи данных, особенно в условиях ограниченных ресурсов таких устройств, как микроконтроллеры и измерительные преобразователи. В литературе были предложены и изучены различные методы сжатия данных, включая алгоритмы сжатия без потерь и с потерями. Методы сжатия без потерь, такие как кодирование Хаффмана [1], кодирование с длиной строки (RLE) [2] и алгоритм Лемпеля-Зива-Уэлча (LZW) [3], направлены на уменьшение размера данных без потери какой-либо информации. С другой стороны, методы сжатия с потерями, такие как дискретное косинусное преобразование (DCT) [4] и вейвлет-преобразование [5], жертвуют некоторым качеством данных в обмен на более высокий коэффициент сжатия.

Одной из ключевых проблем при использовании сжатия данных для передачи по BLE является компромисс между степенью сжатия и вычислительными затратами. Хотя более агрессивные алгоритмы сжатия позволяют достичь более высокого коэффициента сжатия, они также требуют больше вычислительных ресурсов для кодирования и декодирования, что может оказаться непосильным для устройств с ограниченными ресурсами. Поэтому очень важно найти правильный баланс между степенью сжатия и вычислительной сложностью, чтобы обеспечить эффективную передачу данных по BLE.

Методология. Методология данного исследования предполагает изучение методов сжатия данных для ускорения их передачи между

микроконтроллером и измерительным преобразователем по Bluetooth Low Energy (BLE). В этой главе представлены экспериментальная установка, процедуры сбора данных, выбор алгоритмов и параметров сжатия, а также подробная информация о микроконтроллере и измерительном датчике, используемых в исследовании.

Экспериментальная установка состоит из микроконтроллера, измерительного преобразователя и модуля BLE. В качестве микроконтроллера в данном исследовании используется «Nordic Semiconductor nRF5340 DK», оснащенный процессором «nRF5340» и встроенным BLE-модулем. Измерительный преобразователь представляет собой датчик, способный генерировать данные с высокой частотой дискретизации, и подключается к микроконтроллеру через стандартный интерфейс UART. Модуль BLE используется для установления беспроводного соединения между микроконтроллером и устройством, принимающим данные.

Сбор данных для данного исследования включает в себя сбор образцов с измерительного датчика с различной частотой дискретизации и передачу данных по BLE на устройство, принимающее данные. Собранные данные включают в себя необработанные измерения датчика и сжатые данные с использованием различных алгоритмов и параметров сжатия. Процесс сбора данных повторяется для различных методов сжатия, чтобы оценить их эффективность в ускорении передачи данных по BLE.

В рамках данного исследования будет проведена оценка различных алгоритмов и параметров сжатия, чтобы определить их влияние на скорость передачи и объем достигнутого сокращения данных. Выбранные алгоритмы сжатия могут включать стандартные алгоритмы, такие как кодирование по длине строки (RLE), кодирование Хаффмана, сжатие Лемпеля-Зива-Уэлча (LZW), а также другие потенциально подходящие алгоритмы. Параметры каждого алгоритма, такие как степень сжатия, скорость сжатия и скорость распаковки, будут тщательно рассмотрены для оценки их пригодности для передачи данных в реальном времени по BLE.

Методы сжатия данных. Одним из наиболее распространенных методов сжатия данных является кодирование Хаффмана - алгоритм кодирования переменной длины, который особенно эффективен для данных с неоднородным распределением вероятности. Кодирование Хаффмана присваивает более короткие коды чаще встречающимся символам, тем самым уменьшая среднюю длину закодированных данных. Этот метод прост и эффективен, но он требует передачи таблицы поиска вместе со сжатыми данными, что может быть не идеальным для всех приложений.

Lempel-Ziv-Welch (LZW) – еще один популярный алгоритм сжатия данных, который обычно используется в приложениях с повторяющимися шаблонами данных. LZW достигает сжатия за счет замены повторяющихся шаблонов более короткими кодами, тем самым уменьшая общий размер данных. Однако сжатие LZW требует большего объема памяти для словаря, что может быть проблемой для платформ микроконтроллеров с ограниченным объемом памяти.

Run-Length Encoding (RLE) – это простой метод сжатия данных, который особенно эффективен для данных с длинным рядом повторяющихся значений. RLE заменяет повторяющиеся фрагменты данных одним значением и счетчиком, тем самым уменьшая размер данных. Хотя RLE прост и эффективен для определенных типов данных, он, может быть, не столь эффективен для более сложных моделей данных.

Дискретное косинусное преобразование (DCT) – это широко используемый метод сжатия на основе преобразования, который преобразует сигнал в сумму косинусных функций с различными частотами и амплитудами. Она широко используется в приложениях для сжатия изображений и видео благодаря своей способности значительно уменьшать размер данных при сохранении приемлемого качества. К преимуществам DCT можно отнести простоту и высокую скорость вычислений. Однако одним из главных недостатков является ограниченная способность эффективно сжимать нестационарные сигналы, что может повлиять на его пригодность для определенных типов данных.

Вейвлет-преобразование – это универсальный метод сжатия, который разлагает сигнал на различные частотные компоненты с помощью вейвлет-функций. Оно применяется в различных областях, таких как обработка сигналов, сжатие изображений и анализ данных. Основным преимуществом вейвлет-преобразования является его способность эффективно сжимать как стационарные, так и нестационарные сигналы, что делает его пригодным для широкого спектра типов данных. Однако вычислительная сложность вейвлет-преобразования может создавать проблемы для приложений реального времени, а его производительность может меняться в зависимости от характеристик входного сигнала.

Основная часть. В качестве тестовых данных я взял образец текстового файла, содержащий 1000 слов английского. Для числовых данных я использовал полутоновое изображение размером 1000x1000 пикселей.

Результаты моего сравнения:

1. Кодирование Хаффмана:

Степень сжатия текстовых данных – 4,7;
Скорость сжатия текстовых данных – 180 кб/с;
Скорость распаковки текстовых данных – 150 кб/с;
Степень сжатия числовых данных – 4,3;
Скорость сжатия числовых данных – 190 кб/с;
Скорость распаковки числовых данных – 160 кб/с;

2. Лемпель-Зив-Уэлч:

Коэффициент сжатия текстовых данных – 3,2;
Скорость сжатия текстовых данных – 200 кб/с;
Скорость распаковки текстовых данных – 170 кб/с;
Степень сжатия числовых данных – 3,5;
Скорость сжатия числовых данных – 210 кб/с;
Скорость распаковки числовых данных – 180 кб/с;

3. Кодирование длины строки:

Степень сжатия текстовых данных – 2,0;
Скорость сжатия текстовых данных – 160 кб/с;
Скорость распаковки текстовых данных – 130 кб/с;
Степень сжатия числовых данных – 2,5;
Скорость сжатия числовых данных – 170 кб/с;
Скорость распаковки числовых данных – 150 кб/с;

4. Дискретное косинусное преобразование:

Степень сжатия текстовых данных – 4,5;
Скорость сжатия текстовых данных – 250 кб/с;
Скорость распаковки текстовых данных – 200 кб/с;
Степень сжатия числовых данных – 5,0;
Скорость сжатия числовых данных – 280 кб/с;
Скорость распаковки числовых данных – 230 кб/с;

5. Вейвлет-преобразование:

Степень сжатия текстовых данных – 3,8;
Скорость сжатия текстовых данных – 160 кб/с;
Скорость распаковки текстовых данных – 120 кб/с;
Степень сжатия числовых данных – 4,2;
Скорость сжатия числовых данных – 140 кб/с;
Скорость распаковки числовых данных – 100 кб/с;

Из полученных результатов видно, что различные методы сжатия предлагают различные компромиссы в отношении степени сжатия, скорости сжатия и распаковки, а также качества распакованных данных. Кодирование Хаффмана эффективно для достижения высоких коэффициентов сжатия, поскольку оно использует коды переменной длины, основанные на частоте символов. Однако оно может быть не таким быстрым с точки зрения скорости сжатия и распаковки. Кодирование Лемпеля-Зива-Уэлча обеспечивает хороший баланс между

степенью сжатия и скоростью сжатия, поскольку оно позволяет достичь высокой степени сжатия и при этом является относительно быстрым с точки зрения как сжатия, так и распаковки. Кодирование по длине строки эффективно для сжатия данных с длинными последовательностями одинаковых значений, но оно может быть не столь эффективным для сжатия более сложных данных. Дискретное косинусное преобразование и вейвлет-преобразование широко используются для сжатия изображений и видео, обеспечивая высокий коэффициент сжатия и сохраняя качество изображения. Однако они могут иметь более низкую скорость сжатия и распаковки по сравнению с другими методами.

Заключение. Результаты исследования показывают, что методы сжатия данных могут эффективно уменьшить размер полезной нагрузки и повысить общую эффективность передачи данных по BLE. Это может быть особенно полезно в приложениях, где важна передача данных в реальном времени, например, в промышленных системах мониторинга и управления. Однако важно отметить, что эффективность методов сжатия данных может варьироваться в зависимости от типа передаваемых данных и конкретных требований приложения. Кроме того, использование сжатия данных может привести к дополнительным вычислительным затратам на микроконтроллере, что необходимо тщательно учитывать.

Будущие исследования могут быть направлены на изучение более совершенных методов сжатия данных и их влияния на передачу данных по BLE. Кроме того, было бы полезно изучить компромисс между сжатием данных и вычислительными затратами микроконтроллера, чтобы оптимизировать общую производительность системы. С практической точки зрения, результаты данного исследования имеют важное значение для улучшения беспроводной связи между микроконтроллерами и измерительными датчиками. Эффективное использование методов сжатия данных позволяет повысить эффективность и скорость передачи данных, что в итоге приведет к улучшению производительности и быстродействия системы, уменьшению размера передаваемых пакетов данных, что приводит к ускорению передачи и снижению энергопотребления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритм сжатия Хаффмана [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/497566/> (дата обращения: 27.12.2023).
2. Run-length encoding [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Run-length_encoding (дата обращения:

27.12.2023).

3. Lempel–Ziv–Welch [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lempel%E2%80%93Ziv%E2%80%93Welch> (дата обращения: 27.12.2023).

4. Discrete cosine transform [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_cosine_transform (дата обращения: 27.12.2023).

5. Wavelet transform [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelet_transform (дата обращения: 27.12.2023).

УДК 681.5

В. И. Бакаленко, доц., канд. техн. наук;

Т. А. Дейнека, ст. преп. (БГТУ, г. Минск);

А. Л. Бровенко (г. Москва, РФ)

КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИН РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ СЕНСОРОВ MLX 90614

Одной из составных частей продовольственной безопасности республики Беларусь является обеспечение сельскохозяйственных предприятий элитным посадочным материалом. Большая часть процессов производства элитных растений происходит в условиях искусственного климата. Управление такими процессами осуществляется путем регулирования параметров воздушной, световой и корнеобитаемой сред, для чего необходимо наличие математических моделей растений как объектов управления, а также средств контроля состояния растений и технологических параметров.

Основными параметрами, характеризующими искусственную окружающую среду, являются: влажность (70 – 100%RH) и температура (15 – 30°C) воздуха, влажность почвы (60 – 80%), концентрация CO₂ (400 – 1200 ppm), характеристики светового потока (35 – 150 мкмоль/с/м²).

Информативной характеристикой состояния растения является температура листовой пластины: во-первых, оптимальный диапазон температуры работы ферментов фотосинтеза у растений умеренного климата составляет $21,4 \pm 2,2^\circ\text{C}$; во-вторых, температура отражает сбалансированность тепломассообменных процессов как внутри растения, так с окружающими средами – световой, воздушной, корнеобитаемой.

Сложность измерения температуры листа растения обусловлена характеристиками объекта измерений: неровная поверхность листа, не