Учреждение образования

«Белорусский государственный технологический университет»

**Кафедра информатики и веб-дизайна**

**Лабораторная работа № 7**

Исследование блочных шифров

Выполнил:

Студент 3 курса 6 группы ФИТ

Булавский Кирилл Сергеевич

**2023 г.**

1. **Теоретические сведения**

Само название конструкции Фейстеля (сеть) означает ее ячеистую топологию. Формально одна ячейка сети соответствует одному раунду зашифрования или расшифрования сообщения. При зашифровании сообщение разбивается на блоки одинаковой (фиксированной) длины (как правило – 64 или 128 бит). Полученные блоки называются входными. В случае, если длина входного блока меньше, чем выбранный размер, то блок удлиняется установленным способом. Каждый входной блок шифруемого сообщения изначально делится на два подблока одинакового размера: левый (L0) и правый (R0). Далее в каждом i-ом раунде выполняются преобразования в соответствии с формальным представлением ячейки сети Фейстеля:

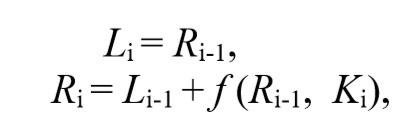


Рисунок 1.1 – Сеть Фейстеля

По какому-либо математическому правилу вычисляется раундовый ключ Ki. В приведенном выражение знак «+» соответствует поразрядному суммированию на основе «XOR». Расшифрование происходит так же, как и зашифрование, с той лишь разницей, что раундовые ключи будут использоваться в обратном порядке по отношению к зашифрованию. В своей статье [28] Х. Фейстель описывает два блока преобразований с использованием функции f (Ri-1, Ki):

• блок подстановок (S-блок, англ. S-box);

• блок перестановок (P-блок, англ. P-box).

Блок подстановок состоит из:

• дешифратора, преобразующего n-разрядное двоичное число в одноразрядное сигнал по основанию 2n;

• внутреннего коммутатора;

• шифратора, преобразующего сигнала из одноразрядного 2n-ричного в nразрядный двоичный.

В основе криптостойкости блочных шифров лежит идея К. Шеннона в представлении составного шифра таким образом, чтобы от обладал двумя важными свойствами: рассеянием и перемешиванием. Рассеивание должно скрыть отношения между зашифрованным текстом и исходным текстом. Рассеивание подразумевает, что каждый символ (символ или бит) в зашифрованном тексте зависит от одного или всех символов в исходном тексте.

Другими словами, если единственный символ в исходном тексте изменен, несколько или все символы в зашифрованном тексте будут также изменены. Идея относительно перемешивания заключается в том, что оно должно скрыть отношения между зашифрованным текстом и ключом.

Как было указано выше, в основе сети Фейстеля лежит простейшая операция суммирования 2-х (А + В) n-разрядных чисел – XOR: А + В (mod n). Помимо этой операции некоторые алгоритмы (Blowfish, IDEA, ГОСТ и др.) предусматривают выполнение операций сложения чисел по модулю более высоких порядков: XOR: А + В (mod 2n).

В DES входной блок данных, состоящий из 64 бит, преобразуется в выходной блок идентичной длины. В алгоритме широко используются рассеивания (подстановки) и перестановки битов текста, о которых мы упоминали выше. Комбинация двух указанных методов преобразования образует фундаментальный строительный блок DES, называемый раундом или циклом. Один блок данных подвергается преобразованию (и при зашифровании, и при расшифровании) в течение 16 раундов. После первоначальной перестановки и разделения 64-битного блока данных на правую (R0) и левую (L0) половины длиной по 32 бита выполняются 16 раундов одинаковых действий.

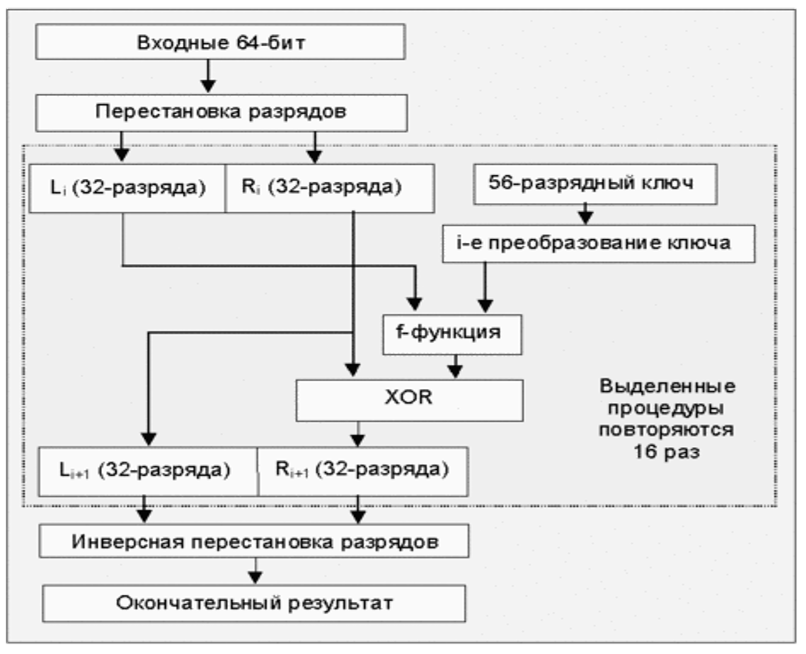


Рисунок 1.2 – Общая схема алгоритма DES

Первоначальные ключи являются слабыми. Вспомним, что первоначальное значение разделяется на две половины, каждая из которых сдвигается независимо. Если все биты каждой половины равны 0 или 1, то для всех раундов алгоритма используется один и тот же ключ. Это может произойти, если ключ состоит из одних 1, из одних 0, или если одна половина ключа состоит из одних 1, а другая – из одних 0. Коммутационная панель обеспечивает самый большой набор возможных настроек. Для первого кабеля одна сторона может иметь любое из 26 положений, а другая сторона - любое из 25 оставшихся положений (одна буква коммутируются с другой). Однако, поскольку комбинация и ее обратная сторона идентичны (AB такая же, как BA), мы должны игнорировать все двойные числа во всех возможных комбинациях для одного кабеля, предоставляя (26 x 25) / (1! х 2^1) или 325 уникальных способов коммутаций одним кабелем. Для двух кабелей: есть (26 x 25) комбинаций – для первого кабеля и, поскольку два разъема уже используются, то получается (24 x 23) комбинаций – для второго кабеля. Следуя этой простой логике, получается (26 x 25 x 24 x 23) / (2! X 2^2) = 44 850 уникальных способов коммутаций с использованием двух кабелей. Для трех кабелей – (26 x 25 x 24 x 23 x 22 x 21) / (3! х 2^3) = 3 453 450 комбинаций и так далее. Таким образом, с использованием 10 кабелей на коммутационной панели получаются 150 738 274 937 250 различных комбинаций. Формула, где n равно количеству кабелей, равна 26! / (26 - 2n)! · n! · 2n. Численно это дает: 60 x 17 576 x 676 x 150 738 274 937 250 = 107 458 687 327 250 619 360 000 или 1,07 x 10^23.

Кроме того, некоторые пары ключей при зашифровании переводят открытый текст в идентичный шифртекст. Иными словами, один из ключей пары может расшифровать сообщения, зашифрованные другим ключом пары. Это происходит из-за метода, используемого DES для генерации подключей: вместо 16 различных подключей эти ключи генерируют только два различных подключа. В алгоритме каждый из этих подключей используется восемь раз. Эти ключи, называемые полуслабыми.

Cуществуют несколько реализаций алгоритма 3DES. Вот некоторые из них:

• DES-EEE3: шифруется 3 раза с 3 разными ключами (операции шифрование-шифрование-шифрование);

• DES-EDE3: 3DES операции шифрование-расшифрование-шифрование с разными ключами:

• DES-EEE2 и DES-EDE2: как и предыдущие, однако, на первом и третьем шаге используется одинаковый ключ.

1. **Практическая часть**

В данной лабораторной работе необходимо разработать авторское приложение, которое должно реализовывать следующие операции:

* разделение входного потока данных на блоки требуемой длины с необходимым дополнением последнего блока;
* выполнение требуемых преобразований ключевой информации;
* выполнение операций зашифрования/расшифрования;
* оценка скорости выполнения операций зашифрования/рас-шифрования;
* пошаговый анализ лавинного эффекта с подсчетом количества изменяющихся символов по отношению к исходному слову.

Для реализации приложения был использован встроенный класс System.Security.Cryptography, реализующий алгоритм DES.

Получившееся приложение представлено на рисунке 2.1.

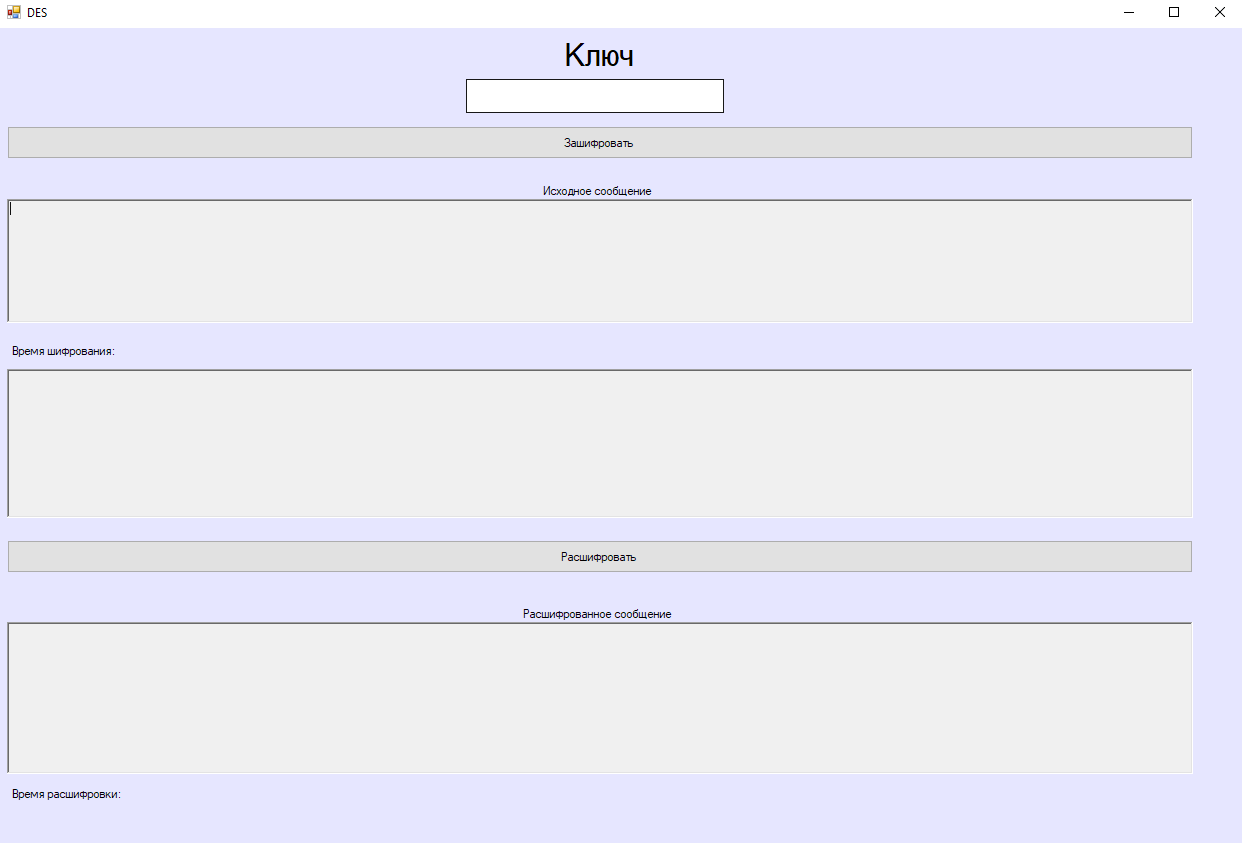


Рисунок 2.1 – Приложение

Для реализации шифрования текста была написаны функция, представленная на рисунке 2.2.

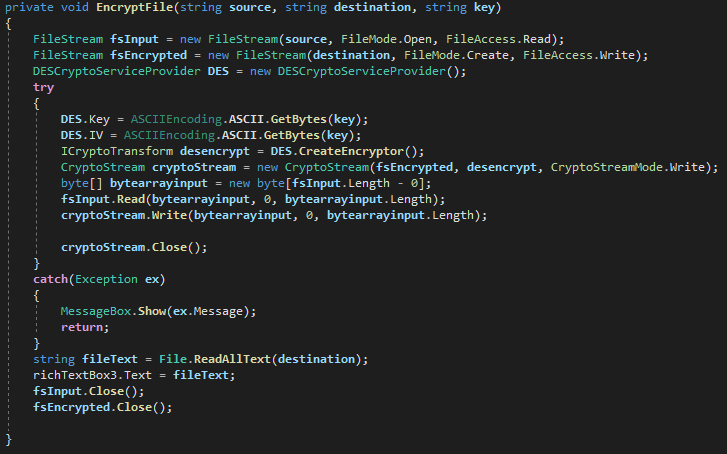


Рисунок 2.2 – Функция для шифрования сообщения

Шифрование осуществляется при помощи симметричного объекта-шифратора со свойством Key, который задает пользователь вначале выполнения программы. Пример шифрования представлен на рисунке 2.3.

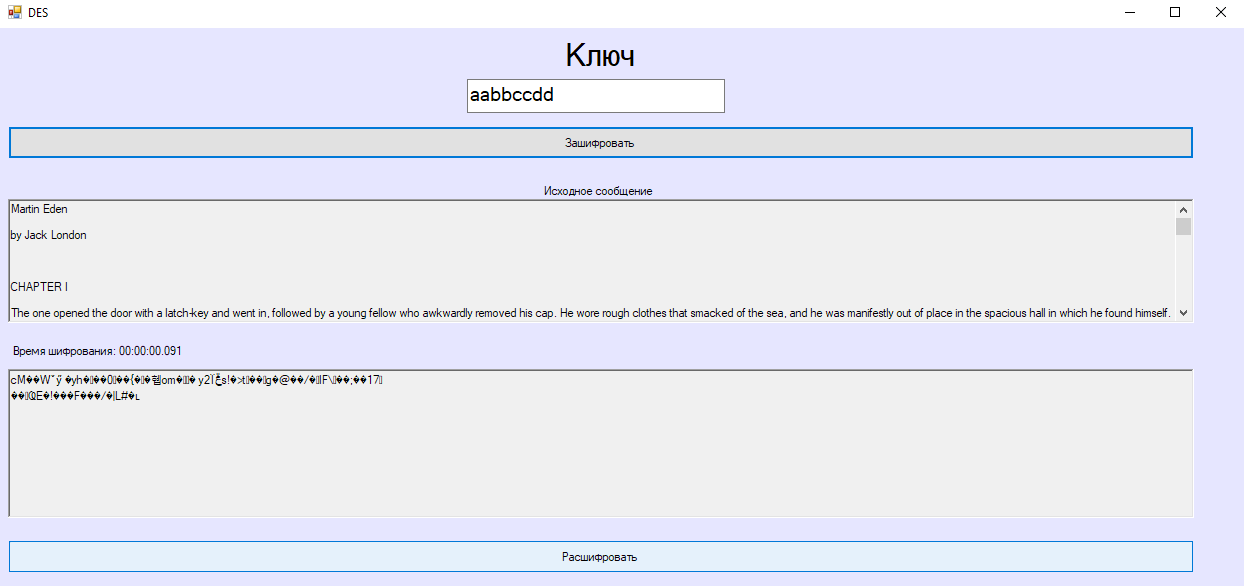


Рисунок 2.3 – Пример шифрования сообщения

Для расшифрования сообщения используется функция, представленная на рисунке 2.4.

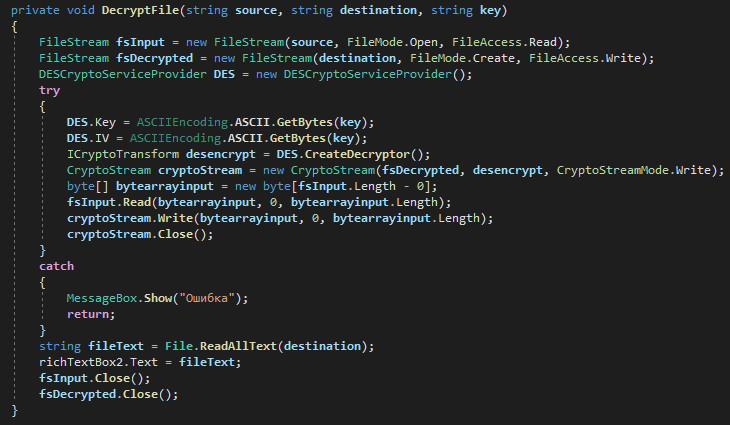


Рисунок 2.4 – Функция расшифрования DES

Для расшифрования сообщения необходимо выбрать ранее зашифрованный файл. Пример использования показан на рисунке 2.5.

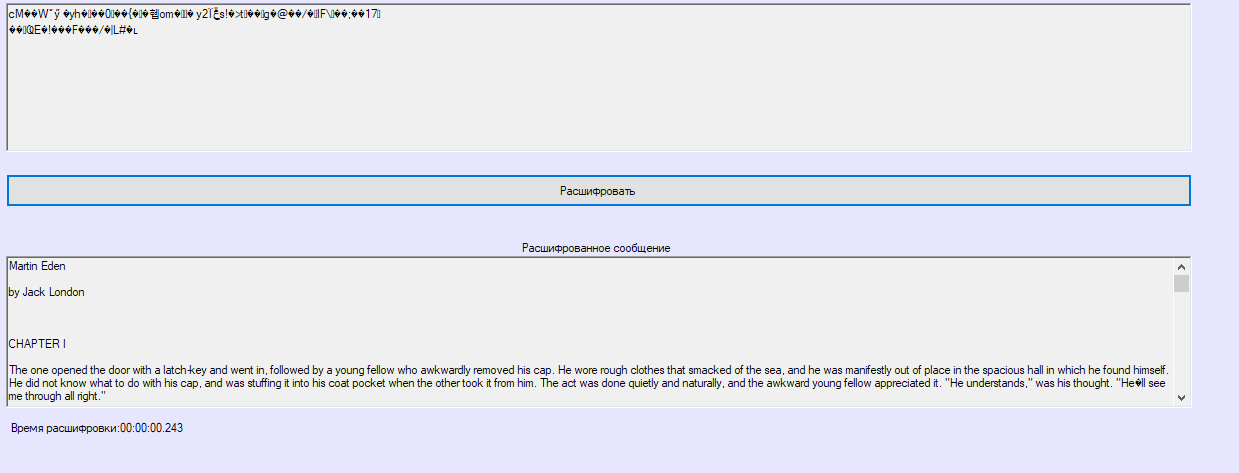


Рисунок 2.5 – Пример расшифрования сообщения

**Вывод:** таким образом, в данной лабораторной работе я закрепил теоретические знания по алгебраическому описанию, алгоритмам реализации операций зашифрования/расшифрования и оценке криптостойкости блочных шифров.