МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МО ЭВМ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №4

по дисциплине «Криптография и защита информации»

Тема: Изучение шифра DES

Студент гр. 8383 _____ Ларин А.

Преподаватель _____ Племянников А.К.

Санкт-Петербург

2021

Цель работы

Исследовать шифры DES, 3DES, а также другие модификациии шифра DES: DESX, DESL, DESXL и получить практические навыки работы с ними, в том числе с использованием приложения Cryptool 1 и 2.

1. Исследование преобразований DES

Задание

1. Изучить преобразования шифра демонстрационного приложения из Cryptool 1.
   a. Indiv.Procedures-> Visualization...-> DES...
2. Выполнить вручную преобразования первых двух раундов и вычисление раундовых ключей при следующих исходных данных:
   a. Открытый текст (не более 64 бит) – фамилия_имя (транслитерация латиницей)
   b. Ключ (56 бит) – номер зачетной книжки и инициал отчества (всего 7 символов)
3. Выполнить вручную обратное преобразование зашифрованного сообщения
4. Убедиться в совпадении результатов

Выполнение

Описание DES
Стандарт шифрования данных (DES) —блочный симметричный шифр, разработанный Национальным Институтом Стандартов и Технологии (NIST – National Instituteof Standards and Technology). Шифр DES основан на сети Фейстеля. DES шифрует информацию блоками по 64 бита с помощью 64-битного ключа шифрования.
Ручной расчет
Ключ
838310d
Дополнение до 64 бит
[0 0 1 1 1 0 0 0]
[0 0 0 1 1 0 0 0]
[1 1 0 0 1 1 1 0]

[0 0 0 0 0 1 1 0]
[0 0 1 1 0 0 1 0]
[1 0 0 0 1 0 0 0]
[1 1 0 0 0 0 0 0]
[1 1 0 0 1 0 0 0]
Ключ 56 бит
[1 1 1 0 0 1 0]
[0 1 1 0 0 0 1]
[0 0 0 0 0 1 0]
[0 0 1 0 0 0 1]
[0 0 0 1 1 1 0]
[0 0 0 0 0 1 1]
[0 0 1 0 1 0 0]
[1 1 1 0 0 1 1]
L
[1 1 1 0 0 1 0]
[0 1 1 0 0 0 1]
[0 0 0 0 0 1 0]
[0 0 1 0 0 0 1]
R
[0 0 0 1 1 1 0]
[0 0 0 0 0 1 1]
[0 0 1 0 1 0 0]
[1 1 1 0 0 1 1]
K1
[0 0 1 0 1 0]
[1 0 1 0 1 1]
[0 0 0 1 0 0]
[0 1 0 0 0 1]
[0 1 0 0 0 0]
[0 0 1 0 1 1]
[0 0 0 1 1 1]
[1 1 0 0 1 0]
K2
[0 0 1 0 0 1]
[1 0 0 0 0 0]
[0 0 1 1 1 1]
[1 0 0 0 0 1]
[0 1 0 0 1 0]
[1 0 0 0 0 0]
[1 1 0 0 1 1]
[0 0 0 1 1 0]
Текст larin_an
Биты
[0 1 1 0 1 1 0 0]

[0 1 1 0 0 0 0 1]
[0 1 1 1 0 0 1 0]
[0 1 1 0 1 0 0 1]
[0 1 1 0 1 1 1 0]
[0 1 0 1 1 1 1 1]
[0 1 1 0 0 0 0 1]
[0 1 1 0 1 1 1 0]
После перестановки
[1 1 1 1 1 1 1 1]
[0 0 1 0 0 1 0 0]
[1 0 1 1 0 0 0 1]
[0 1 1 0 1 0 1 0]
[0 0 0 0 0 0 0 0]
[1 1 0 1 1 1 1 1]
[1 0 1 1 1 0 0 1]
[1 0 1 1 0 1 0 0]
R0
[0 0 0 0 0 0 0 0]
[1 1 0 1 1 1 1 1]
[1 0 1 1 1 0 0 1]
[1 0 1 1 0 1 0 0]
E
32 1 2 3 4 5
 4 5 6 7 8 9
 8 9 10 11 12 13
12 13 14 15 16 17
16 17 18 19 20 21
20 22 23 24 25 26
24 25 26 27 28 29
28 29 30 31 32 1
ER0
[0 0 0 0 0 0 0 0]
[0 0 0 1 0 1 1 0]
[1 1 1 1 1 1 1 1]
[1 1 0 1 1 1 1 1]
[0 0 1 1 1 1 0 1]
[1 0 1 0 1 0 0 0]
xor K
[0 0 1 0 1 0]
[1 0 1 0 1 0]
[0 1 1 1 1 1]
[1 0 1 1 1 0]
[1 0 0 1 1 1]
[1 1 1 0 0 0]
[1 1 0 0 0 1]

[0 1 1 0 1 0]
→ Si→
[0 0 1 0 1 0]
[1 0 1 0 1 0]
[0 1 1 1 1 1]
[1 0 1 1 1 0]
[1 0 0 1 1 1]
[1 1 1 0 0 0]
[1 1 0 0 0 1]
[0 1 1 0 1 0]
→ P
f
[1 0 1 0 0 1 1 0]
[1 0 0 0 0 1 0 0]
[1 0 1 1 0 0 1 0]
[1 1 0 1 0 0 1 1]
xor L0
R1
[0 1 0 1 1 0 0 1]
[1 0 1 0 0 0 0 0]
[0 0 0 0 0 0 1 1]
[1 0 1 1 1 0 0 1]
L1 = R0
…
L2
[0 1 0 1 1 0 0 1]
[1 0 1 0 0 0 0 0]
[0 0 0 0 0 0 1 1]
[1 0 1 1 1 0 0 1]
R2
[1 0 1 1 1 1 0 0]
[1 0 0 1 1 0 0 0]
[1 0 1 1 1 1 0 1]
[1 0 1 1 1 1 1 0]
→ P →
[0 1 0 0 1 1 0 1]
[0 0 0 0 0 1 1 0]
[1 0 0 0 1 0 1 0]
[1 1 1 0 1 0 1 1]
[1 1 1 0 1 0 1 1]
[1 0 0 1 1 0 1 1]
[0 1 0 0 0 0 0 0]
[1 0 1 1 1 0 1 1]
[77, 6, 138, 235, 235, 155, 64, 187]

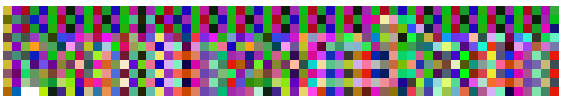
Обратный расчет
[0 1 1 0 1 1 0 0]
[0 1 1 0 0 0 0 1]
[0 1 1 1 0 0 1 0]
[0 1 1 0 1 0 0 1]
[0 1 1 0 1 1 1 0]
[0 1 0 1 1 1 1 1]
[0 1 1 0 0 0 0 1]
[0 1 1 0 1 1 1 0]
Все верно

2. Исследование DES в режимах ECB и CBC

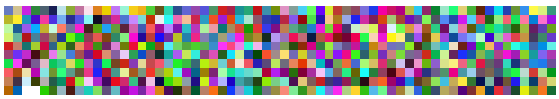
В режиме ECB шифра DES используется независимо для каждого 64-битного блока шифруемых данных.
В режиме CBC перед запуском DES для зашифрования каждого очередного блока открытого текста происходит побитовое XOR-сложение этого блока с блоком зашифрованного текста из предыдущего шага

1. Была создана крнтинка с именем и фамилией larinanton

2. Картинка зашифрована при помощп DES в режиме ECB
   Результат представлен ниже



3. Картинка зашифрована при помощп DES в режиме CBC
   Результат представлен ниже



4. Картинки сжаты средствами Cryptool
   Степени сжатия сведены в таблицу

Исходная	86%
ECB	51%
CBC	0%

5. Была взята часть текста поэмы Raven (1710 символов) и зашифрована DES ECB
6. Оценено время атаки грубой силой в зависимости от числа известных байт. Они сравнены относительно 4 байт.

Известные байты	Время ч.	Время отн 4 байт

4	.7	1
3	86,4	123,428571429
2	1e+4	1.8e+4
1	1e+7	1.7e+7
0	1.5e+8	1.5e+8

CBC

Известные байты	Время ч.
4	1
3	132
2	1.7e+3
1	2e+6
0	2e+8

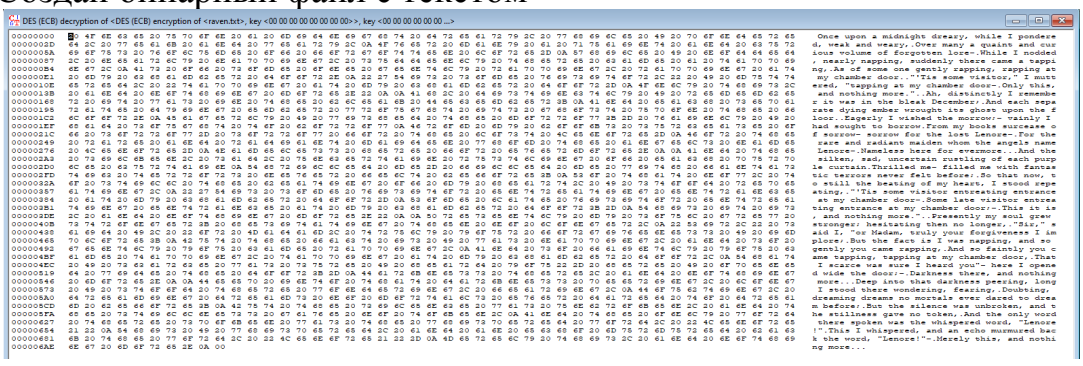
3. Исследование 3-DES

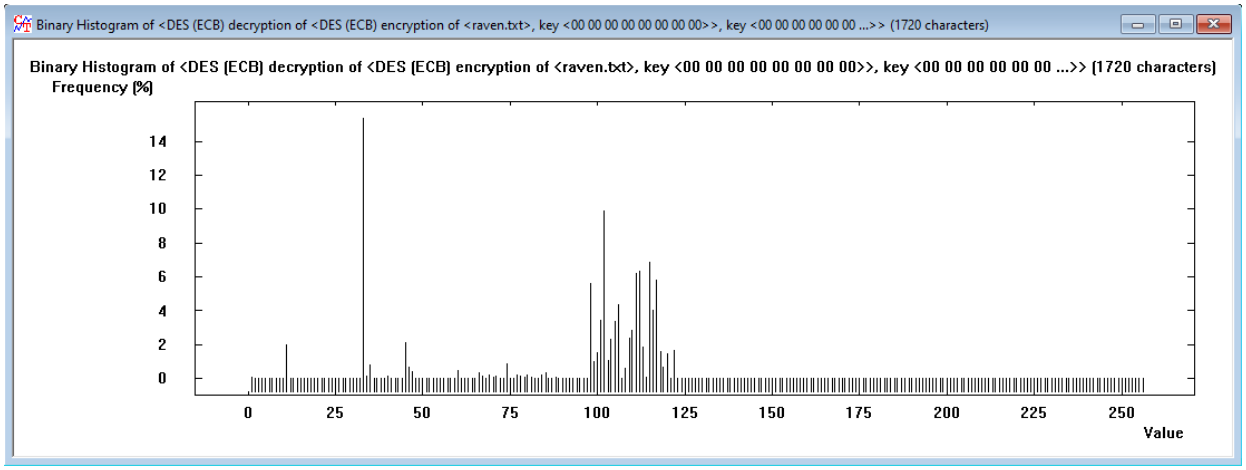
Задание

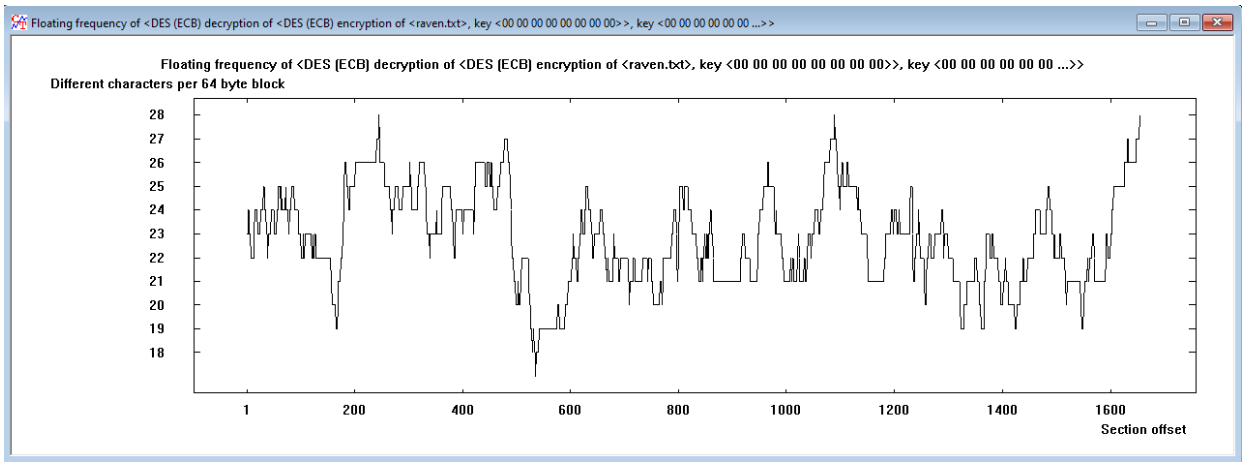
1. Выбрать случайный текст на английском языке (не менее 1000 знаков).
2. Создать бинарный файл с этим текстом, зашифровав и расшифровав его DES на 0-м ключе.
3. Снять и сохранить характеристику этого файла.
4. Зашифровать бинарный файл шифром 3-DES в режиме ECB.
5. Снять и сохранить частотную характеристику файла с шифровкой.
6. Зашифровать исходный бинарный файл 3-DES в режиме CBC с тем же ключом.
7. Снять и сохранить частотную и автокорреляционную характеристику файла с шифровкой.
8. Определить экспериментальным путем по какой схеме работает реализация 3-DES в CrypTool. Сохранить подтверждающие скриншоты.

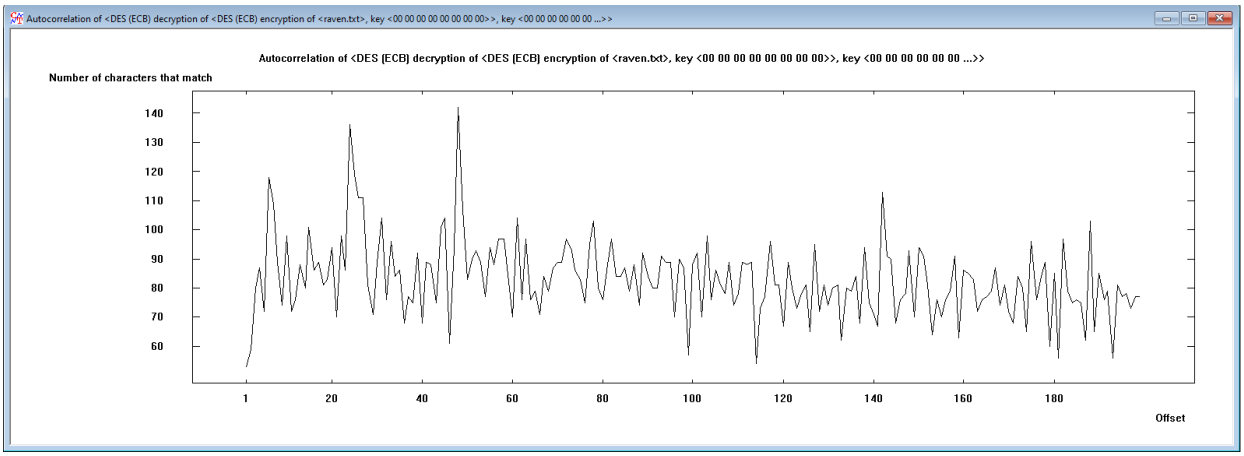
Выполнение

1. Выбраны первые пять параграфов из Raven, Edgar Alan Poe (1700 символов)
2. Создан бинарный файл с текстом

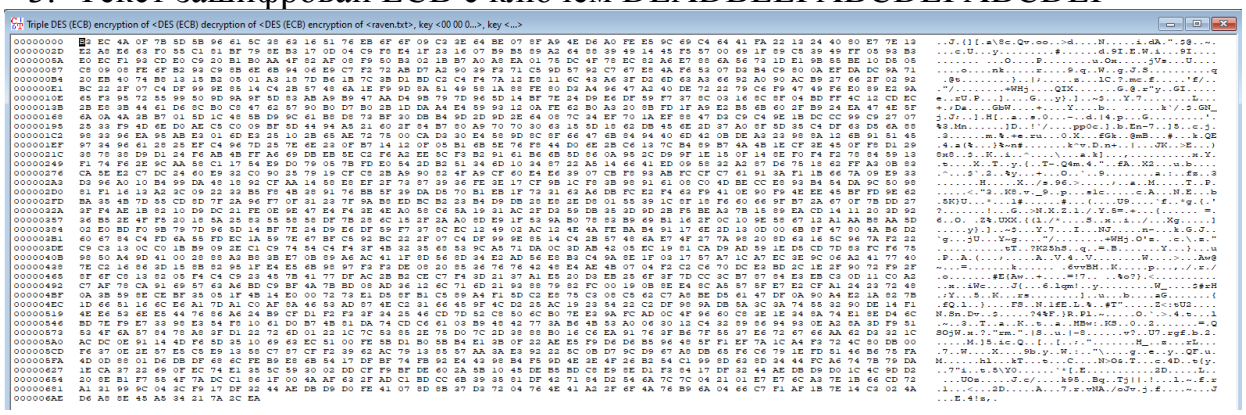


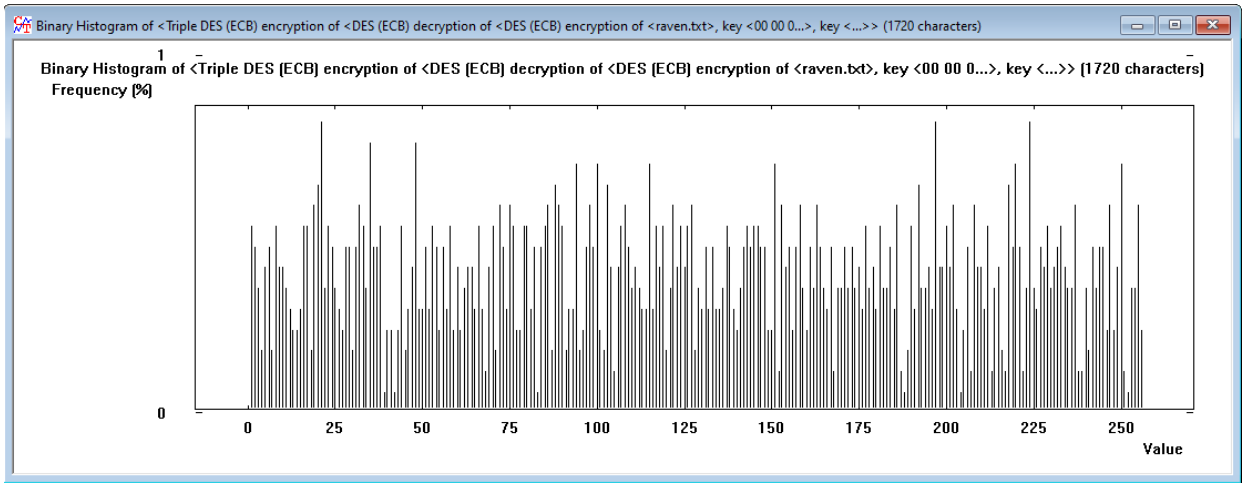


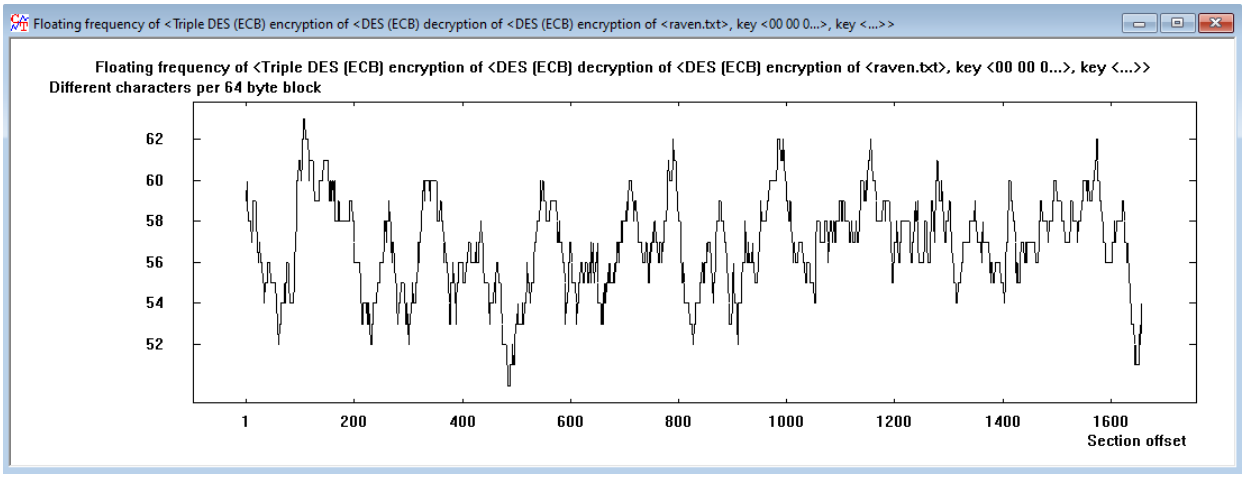


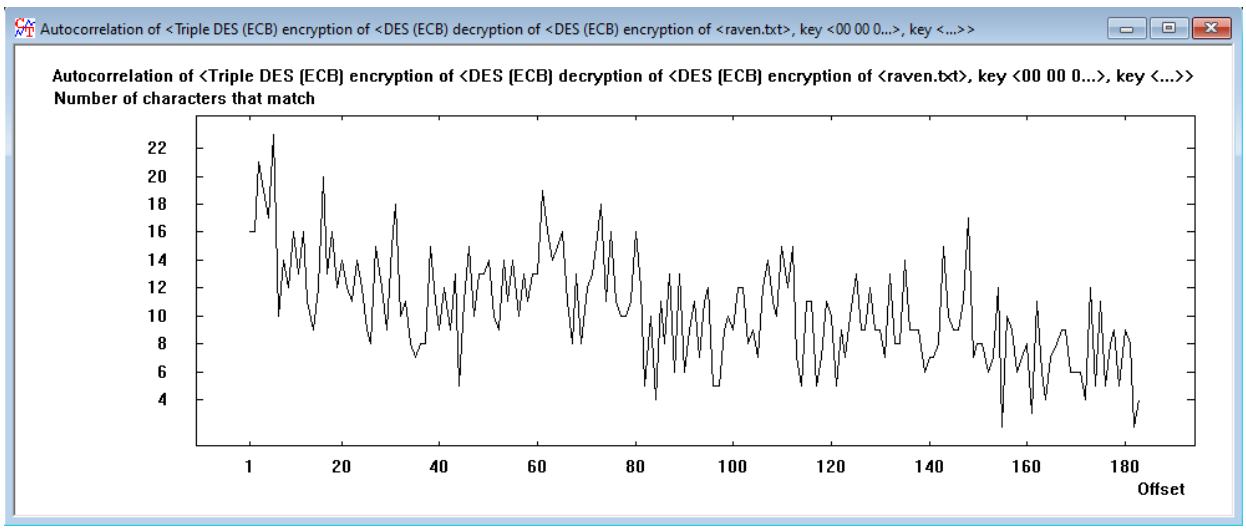


3. Текст зашифрован ECB с ключем DEADBEEFABCDEFABCDEF

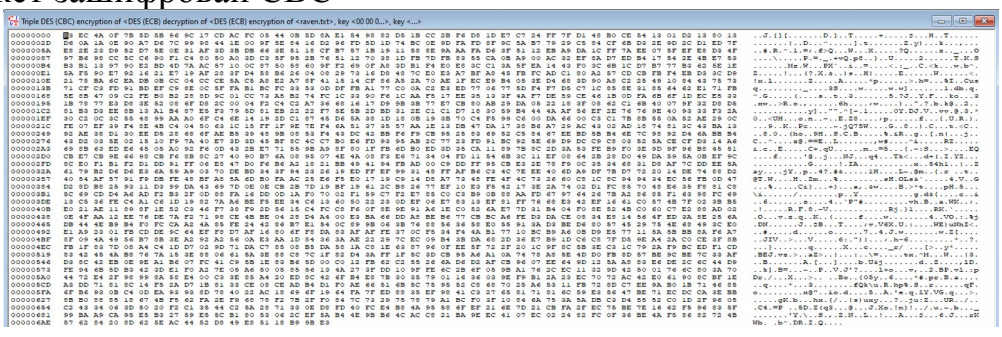


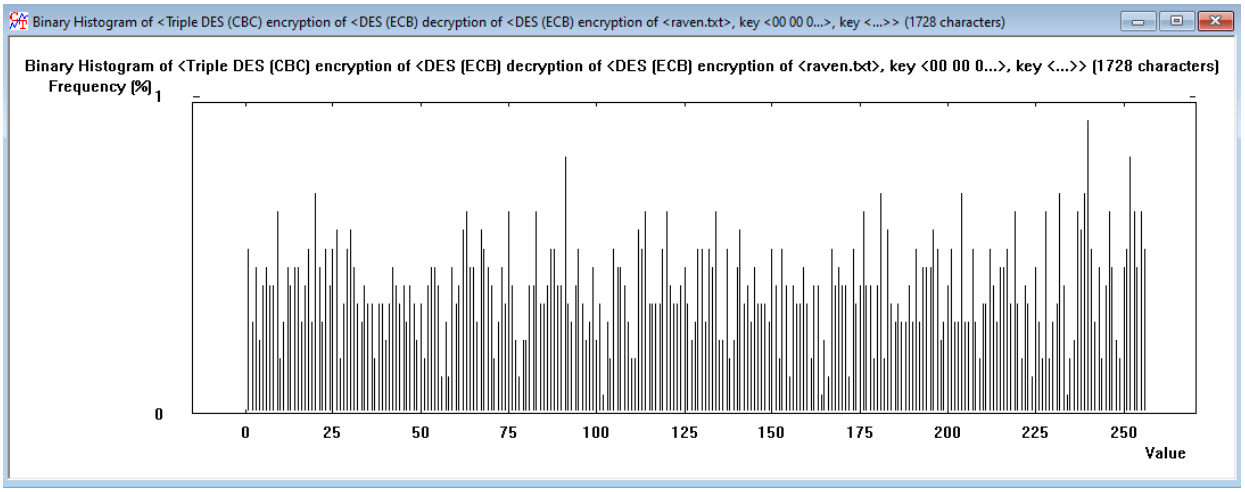


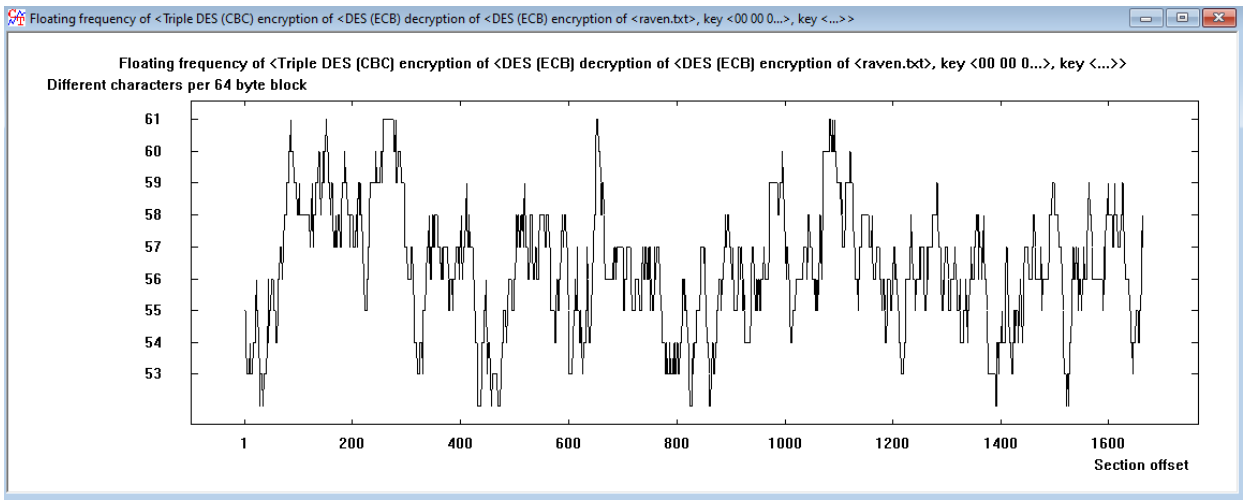


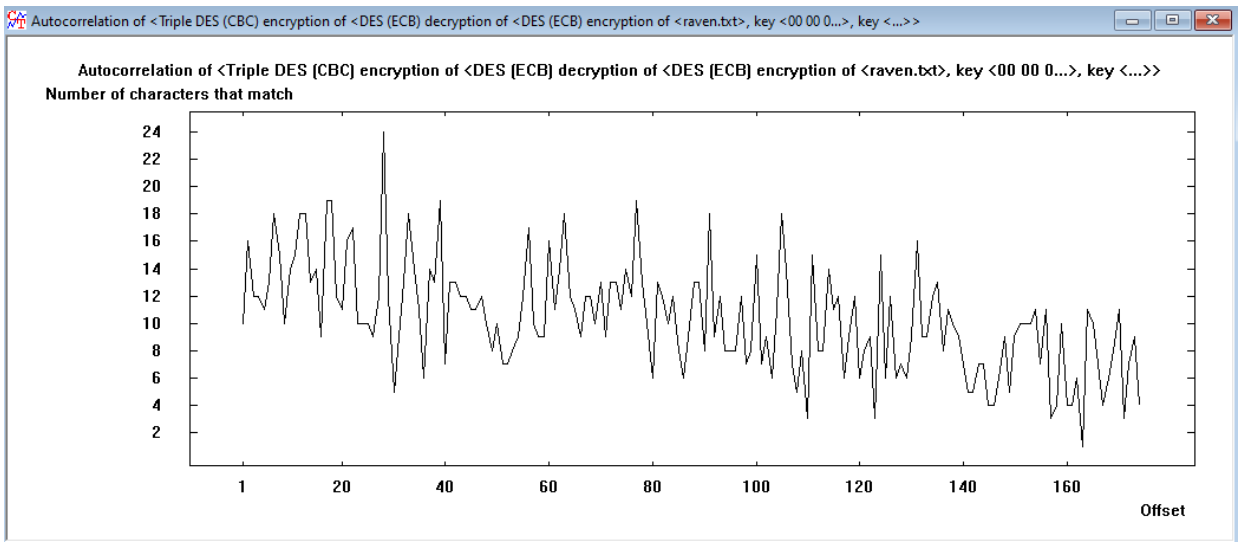


4. Текст зашифрован CBC

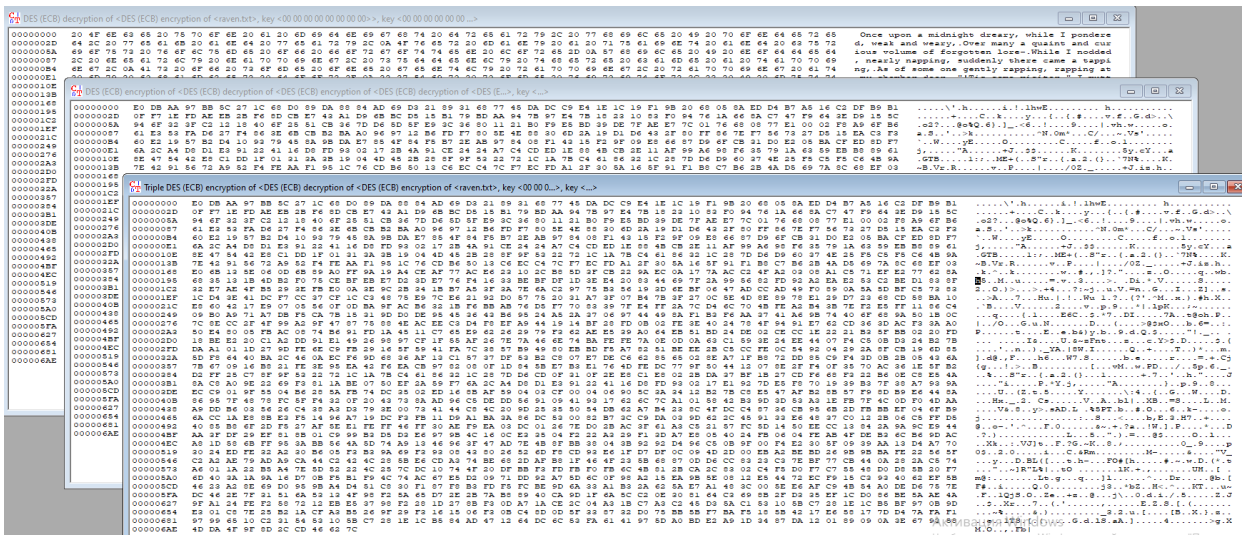








5. 3-DES в CrypTool работает по схеме EDE2



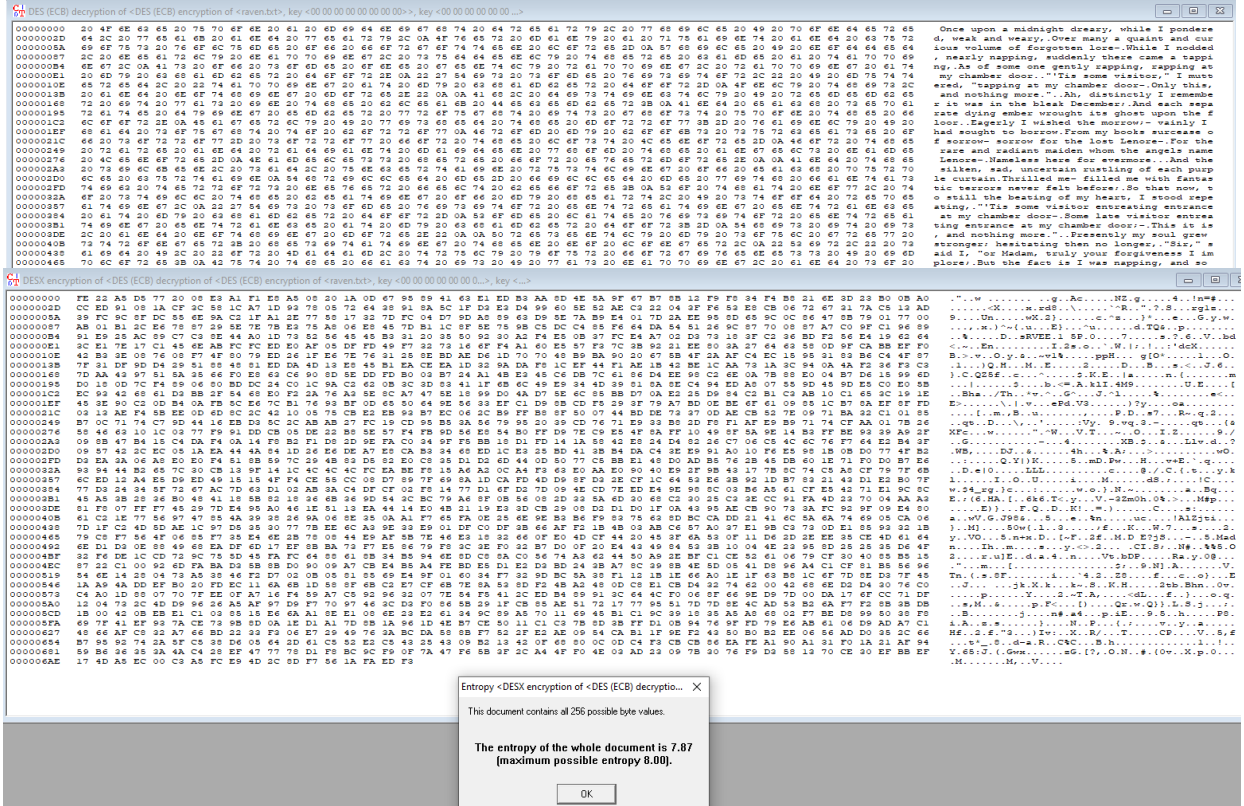
4. Исследование модификаций DESX, DESL, DESXL шифра DES

Задание

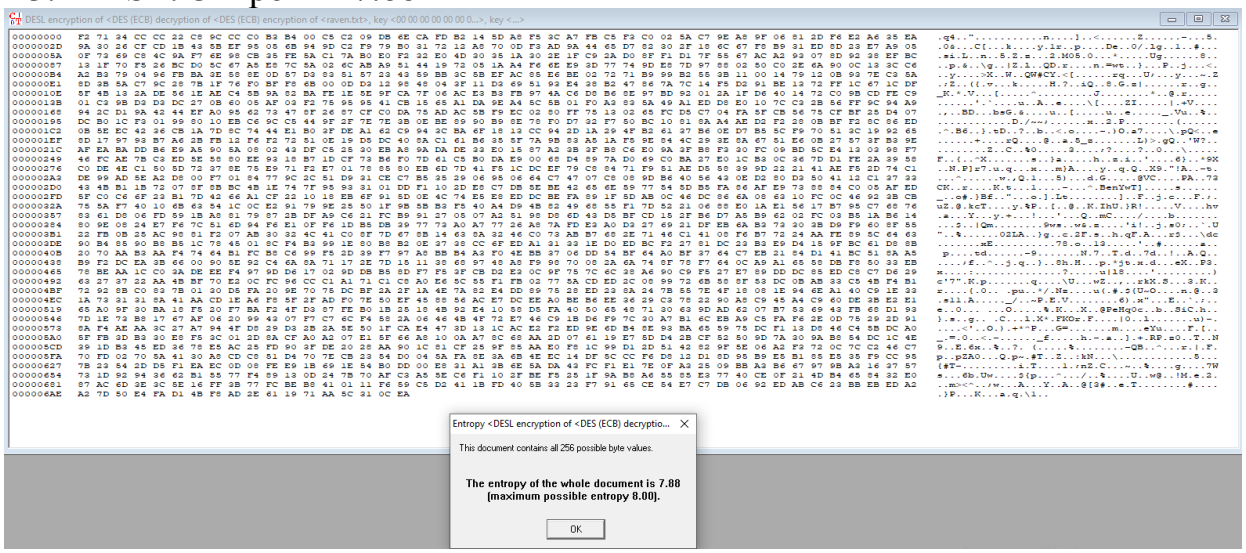
1. Выбрать случайный текст на английском языке (не менее 1000 знаков).
2. Создать бинарный файл с этим текстом, зашифровав и расшифровав его DES на 0-м ключе.
3. С помощью CrypTool зашифровать текст с использованием шифров DESX, DESL, DESXL.
4. Средствами CrypTool вычислить энтропию исходного текста и шифротекстов, полученных в итоге. Зафиксировать результаты измерений в таблице.
5. Средствами CrypTool оцените время проведения атаки «грубой силы» при полном отсутствии информации о секретном ключе

Выполнение

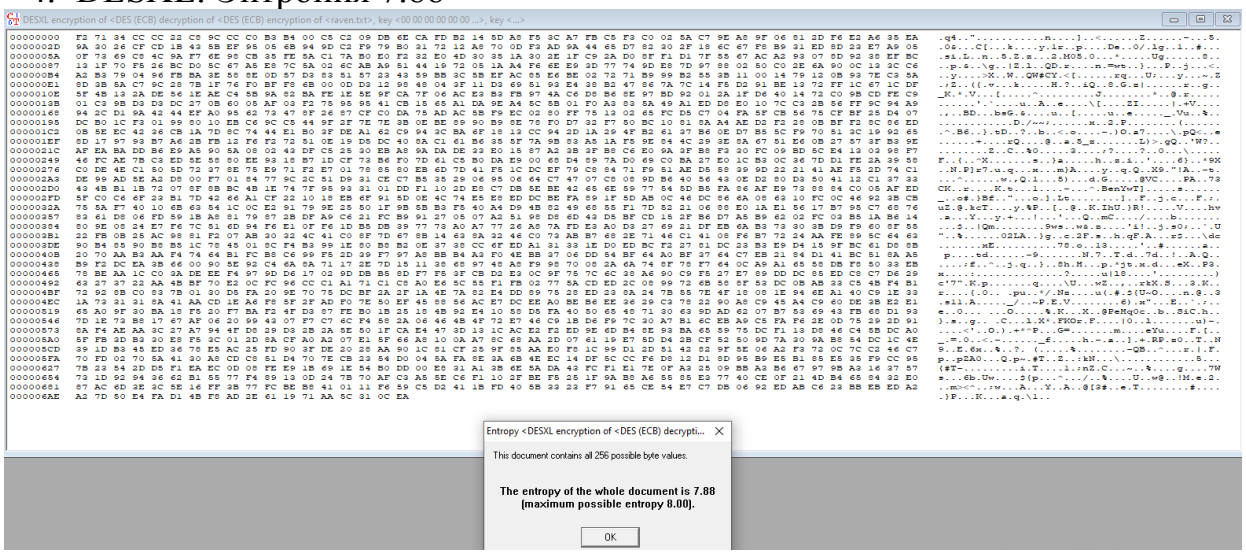
1. Взят тот же исходный текст. Его энтропия составила 4.49



3. DESL. Энтропия 7.88



4. DESXL. Энтропия 7.88



5. Оценка времени взлома

Шифр	Время ч.
DESX	4.2e+42
DESL	9e+3
DESXL	3.2e+42

Выводы.

Был исследован шифр DES и его модификации: DES ECB, DES CBC, DESX, DESL, DESXL, 3DES (4 мод.).

1. Была изучена работа сетки Фейстеля и построенного на ней шифра DES, заключаещегося в разделении информации на блоки по 64 бита. Проведена ручная зашифровка и расшифровка текста с фио из 8 символов (64 байта) ключем из 7. Результат расшифровки совпал с исходным текстом.
2. Были изучены режимы DES: ECB и CBC

   В режиме ECB блоки по 64 бита зашифровываются независимо. Это видно на примере картинки: однотонным частам картинки соответствуют регулярные повторяющиеся паттерны в зашифрованной картинке

   В режиме CBC зашифрованный блок xor-ится со следующим блоком, т.о. каждый блок зависит от всех предыдущих и повторяющихся паттернов не возникает. Это подтверждает несжимаемость результата при помощи zip.

   Оценена сложность атаки на шифры грубой силой. Выяснено, что атака на CBC более затратна, чем ECB. Но оба шифра, без знания части ключа, не взламываемы за разумное время.
3. Была исследована модификация 3-DES четырех видов(комбинации 2*2):
   1. EEE (трехкратное зашифрование)/EDE (за-, рас-, за- шифрование)
   2. 3 — три различных ключа для шагов/ 2- один ключ для 1,3 шагов

   Выяснено, что в стандартном инструменте CrypTool реализована схема EDE2 при помощи ручного воспроизведения трех этапов. Построены графики частотной и автокорелляционной характеристик

   Исследовано время атаки грубой силой с зависимости от атаки грубой силой. Он возросло по сравнением с однократным DES, и так же превышает разумные пределы, что делает атаку грубой силой неэффективной
4. Исследованы модификации DESX, DESL, DESXL шифра DES

Модификация X заглючается в xor-е значения аргумента и функции DES на константы, что увеличивает криптостойкость. При нулевых константах шифр сводится к простому DES.

Модификация L является оптимизацей шифра, путем исключения дополнительных шагов с перестановками, т. к. те не добавляют криптостойкости, и замены перстановки S с восемью чанками на один, но более стойкий.

Модификация XL является их комбинацией

Энтропия шифротекста для всех трех модификаций составила 7.88, по сравнению с 4.49 у исходного текста.

5. При проверке времени атаки грубой силой обнаружено, что время атаки на модификаци L на несколько порядков меньше, чем на остальные, а на XL меньше чем на X. Это говорит о том, что оптимизация L уменьшает криптостойкость шифра. Однако даже при нем без дополнительной информации о ключе атака займет значительное время.