Date: 2021-08-05 18:37 UTC

✱ All sources 19 | Internet sources 8 | Plagiarism Prevention Pool 11

- [0] vbook.pub/documents/us-kriptologija-ipdf-pwpynnx05ywz
  2.1% 15 matches
- [1] from a PlagScan document dated 2021-01-28 23:55
  1.5% 4 matches
  ⊞ 3 documents with identical matches
- [5] from a PlagScan document dated 2019-05-20 05:11
  1.0% 3 matches
- [6] from a PlagScan document dated 2020-06-18 22:01
  0.9% 3 matches
  ⊞ 1 documents with identical matches
- [8] from a PlagScan document dated 2019-10-22 15:22
  0.9% 3 matches
- [9] from a PlagScan document dated 2019-10-22 15:21
  0.9% 3 matches
- [10] www.slideshare.net/markobozac/dizajniranje-novog-modela-studentskog-predstavnitva-u-republici-hrvatskoj
  0.9% 3 matches
- [11] www.efzg.unizg.hr/userdocsimages/PDS/5. Izjava o akademskoj čestitosti 30012020.docx
  0.9% 3 matches
  ⊞ 2 documents with identical matches
- [14] from a PlagScan document dated 2019-12-09 13:47
  0.8% 3 matches
- [15] from a PlagScan document dated 2020-08-24 13:06
  0.7% 2 matches
- [16] from a PlagScan document dated 2021-03-31 11:00
  0.7% 2 matches
  ⊞ 1 documents with identical matches
- [18] from a PlagScan document dated 2021-04-27 10:20
  0.6% 2 matches
  ⊞ 3 documents with identical matches
- [22] from a PlagScan document dated 2017-09-19 13:54
  0.4% 2 matches
  ⊞ 1 documents with identical matches
- [24] from a PlagScan document dated 2017-04-05 09:10
  0.2% 2 matches
- [25] www.kontekst.io/hrvatski/ravnina
  0.2% 2 matches
- [26] core.ac.uk/download/pdf/299374995.pdf
  0.3% 1 matches
- [27] darhiv.ffzg.unizg.hr/id/eprint/6166/1/HanserZavrsni.pdf
  0.2% 1 matches
- [28] docplayer.net/99308740-Nosveuciliste-u-zagrebu-filozofski-fakultet-odsjek-za-informacijske-i-komunikacijske-znanosti-ak-god-2014-2(
  0.2% 1 matches
- [29] www.academia.edu/20391174/Kriptologija_1_Osnove_za_analizu_i_sintezu_šifarskih_sistema
  0.2% 1 matches

30 pages, 5532 words

PlagLevel: 4.1% selected / 4.1% overall

23 matches from 30 sources, of which 15 are online sources.

Settings

Data policy: *Compare with web sources, Check against organization repository, Check against the Plagiarism Prevention Pool*

Sensitivity: *Medium*

Bibliography: *Consider text*

Citation detection: *Reduce PlagLevel*

Whitelist: --

[26]
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FILOZOFSKI FAKULTET
ODSJEK ZA INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE ZNANOSTI
Ak. god. 2020./2021.

Nikola Klobučar

Izrada konzolne aplikacije za pomoć pri učenju kritopisnih sustava

Završni rad

Mentor (ili Mentori): dr. sc. Vjera Lopina

[1]
Zagreb, lipanj 2021.

Izjava o akademskoj čestitosti

Izjavljujem da je ovaj rad rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi.[1] Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.[1] Također izjavljujem da nijedan dio rada nije korišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Ovdje možete napisati kratku zahvalu ili stranicu možete ostaviti praznom.

Sadržaj

1. Uvod

Predmet bavljenja kolegija Kriptologije jest upoznavanje studenata s tradicionalnim i suvremenim kritopisnim sustavima, uporabom raznih vrsta zamjenskih, premještajnih i složenih sustava te s razumijevanjem načela modernih kritopisnih sustava. U tom pogledu bi rad, opisan u ovom djelu, bio koristan jer omogućuje prisjećanje postupka zakrivanja, odnosno raskrivanja poruka te čak omogućuje i direktno zakrivanje, odnosno raskrivanje koristeći prave algoritme i objšnjavajući postupno što program radi. U ovom radu će biti ukratko opisan svaki kritopisni sustav s kojim se studenti upoznaju na kolegiju, tijek izrade konzolnog programa koji omogućuje zakrivanje i raskrivanje poruka tim sustavima te problemi koji su nastali tijekom izrade.

Cilj rada je omogućiti studentima lakše upoznavanje s kritopisnim sustavima tako što imaju mogućnost idividualnog pristupa svakom sustavu, što nije moguće u ovako velikoj ustanovi kao što je Filozofski fakultet. Usvrhu rasprostranjivanja programa i olakšavanja korištenja, odabran je programski jezik C# (čitaj: „see sharp“) koji prilikom kompajliranja programa kreira binarnu izvršnu datoteku koju je moguće pokrenuti na bilo kojem Windows računalu bez potrebe ikakve instalacije.

2. GLAVNI DIO – O KRIPTOLOGIJI

Malo o povijesti kriptologije, zašto je čak i bitnija danas, format poruke, podjela kritopisnih sustava

2.1. Zamjenski kritopisni sustav(i)?

Zamjenski kritopisni sustav ne mijenja redoslijed ni raspored slova, nego samo njihovu vrijednost, odnosno preslikavaju se u neka druga slova. Postoji nekoliko vrsta zamjenskih kritopisnih sustava. Monoalfabetski sustav koristi fiksnu zamjenu tokom cijele poruke. Homofoni sustavi dodaju nasumičnost u monoalfabetski sustav. Poligramski sustav rade zamjenu nad većim grupama slova u jasnopisu. Polialfabetski sustav koristi nekoliko mogućnosti zamjena ovisno o položaju pojedinih slova.

Primjer monoalfabetskog zamjenskog kritopisnog sustava je Cezarova šifra. Cezarova šifra je koristila zakritni slovored dobiven pomakom slova abecede za 3 udesno, odnosno zakritni slovored je počinjao slovom “D”. Prvi red u tablici na slici 1 je jasnopisni slovored, a drugi kritopisni.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C

Slika 1. Cezarov jasnopisni i zakritni slovored

Algoritam za kriptiranje/enkriptiranje Cezarovog kritopisnog sustava:

- $z_i = (j_i + K) \bmod 26$
- $j_i = (z_i + (26 - K)) \bmod 26$
- z_i – pojedino slovo zakritka
- j_i – pojedino slovo jasnopisa
- K – ključ, u ovom slučaju 3

Prilikom zakrivanja i raskrivanja ključevi su isti, ali su algoritmi različiti.[0] Kod zakrivanja imamo pomak udesno za 3 pozicije, a kod raskrivanja pomak ulijevo za 3 pozicije. Algoritmi su nepromjenjivi dio ovog kritopisnog sustava, a ključ je promjenjivi dio. Odnosno, uvijek je prilikom zakrivanja pomak udesno. Samo je pitanje za koliko mjesta.

Cezarov kritopisni sustava je dosta slab I jednostavan za kriptoanalitičara. Ima samo 26 mogućih ključeva te je jednostavno isprobati sve opcije. Da bi se povećao broj

mogućih ključeva potrebno je promijeniti ključ. Ključ ne mora biti pomak za određeni broj, nego ključ može biti bilo koja druga permutacija slova.

2.1.1. Postupak zakrivanja koristeći Zamjenski kritopisni sustav

Zamjenskim kritopisnim sustavom se može zakrivati na dva načina, pomakom i ključem. Pomak je cijeli broj u rasponu 0-(n-1), gdje je n broj slova abecede. Dakle, za hrvatski jezik bi taj raspon bio 0-29 jer se hrvatska abeceda sastoji od trideset slova. Pomak nam govori za koliko treba pomaknuti početno slovo abecede, odnosno, ukoliko je pomak 3, onda zakritni slovored izgleda ovako:

```
zakritni slovored:
Č Ć D Dž Đ E F G H I J K L Lj M N Nj O P R S Š T U V Z Ž A B C
```

Slika 2. Zakritni slovored kreiran koristeći pomak "3"

Ključ je neka riječ hrvatskog jezika koju ispišemo tako da maknemo slova koja se ponavljaju te ispod tih slova upisujemo abecednim redom ostala slova abecede. Na kraju išćitamo ta slova redom po stupcima. Kao primjer je dan ključ „ključ“:

```
privremeni slovored:
K Lj U Č
A B C Ć
D Dž Đ E
F G H I
J L M N
Nj O P R
S Š T V
Z Ž
jasnopisni slovored:
A B C Č Ć D Dž Đ E F G H I J K L Lj M N Nj O P R S Š T U V Z Ž
zakritni slovored:
K A D F J Nj S Z Lj B Dž G L O Š Ž U C Đ H M P T Č Ć E I N R V
```

Slika 3. Kreiranje zakritnog slovoreda ključem

Nakon kreiranog zakritnog slovoreda, traži se pojedino slovo poruke u jasnopisnom slovoredu te se umjesto tog slova upisuje slovo koje se nalazi na tom mjestu u zakritnom slovoredu, a ostali znakovi i interpunkcije se samo prepišu.

2.1.2. Postupak raskrivanja koristeći Zamjenski kritopisni sustav

Prilikom raskrivanja zamjenskim kritopisnim sustavom, potrebno je kreirati zakritni slovored kao i kod zakrivanja (vidi: 2.1.1.), ali se sada slova zakritka traže u zakritnom slovoredu, a ispisuju se ona iz jasnopisnog slovoreda.

2.1.3. Programska implementacija

Nakon pokretanja programa, zamjenski kritopisni sustav se odabire upisivanjem slova „z“ te pritiskom na tipku enter. Zatim je potrebno odabrati između zakrivanja i raskrivanja poruke, pripadajućim unosima „z“ i „r“. Kad je odabrano zakrivanje ili raskrivanje, potrebno je upisati poruku – pritom pazeći na format poruke – i ključ ili pomak. Program početno ispisuje cijeli postupak te postepeno ispisuje što je potrebno napraviti u kojoj fazi.

2.1.4. Problemi

Prvi problem koji se javio bi se odnosio i na sve druge kritopisne sustave, a to je bio problem dvoglasa. Dogovoreno je da se dvoglasi pišu prvi znak velikim, a drugi malim slovom. Sva ostala slova pišu se velikim slovom. Do tog problema dovela je pretpostavka da u hrvatskom jeziku nije moguće imati slovo „L“ pa slovo „J“, a da oni ne čine slovo „LJ“. Međutim, upisivanjem valjanih zakritaka, moguće je upisati dva susjedna slova koja inače u hrvatskom tvore dvoglas, npr. „L“ i „J“, a da to ne vrijedi za zakritak. Dakle u hrvatskom bi to bilo jedno slovo, a u zakritku nije. Zbog toga je bilo potrebno uvesti provjeru formata poruke i time ne dozvoliti unos bilo malih bilo velikih slova. (još problema?)

2.2. Premještajni kritopisni sustavi

Premještajni kritopisni sustav radi na principu promjene redoslijeda slova jasnopisa, a ne njihovih vrijednosti. U ovom sustavu ključ predstavlja primjenjenu transpoziciju.[0] Prva šifra ovog tipa je Skitala koju su koristili Spartanci oko 500.p.ne.[0] Princip rada šifre je jednostavan.[0] Obavija se kožna traka oko štapa, zatim se poruka piše na tako dobijenom omotaču duž štapa.[0] Nakon što je poruka napisana, kožna traka se razmota te se na njoj dobije zakritak. U tom slučaju, ključ je bila debljina štapa jer bez štapa pravilne debljine nije bilo moguće pročitati poruku.

U današnje doba bi se Skitala mogla rekreirati dvodimenzionalnom matricom. Broj stupaca matrice određen je duljinom ključa, a broj redaka duljinom poruke. U retke se upisuje jasnopis, a zakritak se iščitava stupac po stupac i to uzlaznim redoslijedom indeksa pojedinog slova ključa.

Kriptoanalitičar, u ovom slučaju, može pomoću duljine zakritka pokušati odrediti o kojoj je matrici riječ. Ali čak i da to uspije, onda mora ispisivati sve moguće kombinacije

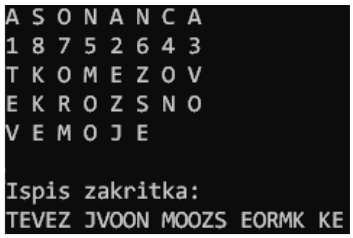
stupaca jer ne znajući ključ, ne zna ni redoslijed iščitanih stupaca koji tvore zakritak. Ovaj kritopisni sustav je puno sigurniji od zamjenskog jer je algoritam kompliciraniji, ali i domena ključeva je puno veća. Postoji i dvostruki stupačni premještaj koji je još sigurniji od jednostrukog jer zahtjeva ponavljanje postupka zakrivanja poruke.

2.2.1. Postupak zakrivanja koristeći jednostruki stupačni premještaj vs. dvostruki stupačni premještaj

Za zakrivanje premještajnim sustavom potreban je ključ koji je jedna hrvatska riječ, što duža naravno. Ispod svakog slova se ispišu brojčane oznake abecednim redoslijedom. Ukoliko, riječ sadrži nekoliko istih slova, brojevi se upisuju slijeva nadesno.

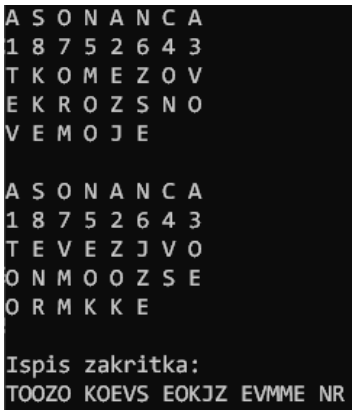
Slika 4. Primjer ključa s indeksom za pojedino slovo

Ta slova ključa čine stupce tablice u koju se upisuje poruka. Nakon upisane poruke, ispisuje se zakritak. Zakritak se sastoji od slova iz stupaca ispisanih po redu brojeva iznad stupca. Dakle, prvo se ispisuju sva slova iz stupca ispod broja „1“, zatim ispod broja „2“ itd. Dakako zakritak se zaisuje u blokovima od pet znakova. Time je završeno jednostruko stupačno zakrivanje.



Slika 5. Primjer jednostrukog stupačnog premještaja

Ukoliko se radi o dvostrukom stupačnom premještaju, onda je potrebno zakritak dobiven jednostrukim stupačnim premještajem ponovno upisati u tablicu te ponoviti postupak. Novodobiveni zakritak čini konačni zakritak poruke koji se onda može poslati primatelju poruke.



Slika 6. Primjer dvostrukog stupačnog premještaja

2.2.2. Postupak raskrivanja koristeći jednostruki stupačni premještaj vs. dvostruki stupačni premještaj

Da bi se raskrio zakritak koji je zakriven metodom jednostrukog stupačnog premještaja potrebno je prvo odrediti dimenzije tablice. Dimenzije tablice sastoje se od broja redaka i broja stupaca. Broj stupaca je određen duljinom ključa, odnosno brojem znakova od kojih se ključ sastoji. Broj redaka se izračuna matematičkom operacijom dijeljenja i to tako da se podijeli broj znakova zakritka s brojem znakova ključa, odnosno stupaca. Broj koji se dobije je broj punih redaka, a ostatak dijeljenja govori o broju znakova u posljednjem, dodatnom, retku.

Slika 7. Ispis broja stupaca i redaka

Nakon što su izračunate dimenzije tablice, vrijeme je da se upiše zakritak. Zakritak se upisuje tako da se broj znakova, određen temeljem matematičke operacije dijeljenja, upiše u stupac ispod broja „1“, zatim ispod broja „2“ itd. Pri završetku upisa zakritka u tablicu, ukoliko je sve odrađeno pravilno, poruku je moguće iščitati iz tablice čitajući znakove u retcima slijeva nadesno.

No, međutim, ukoliko se radi o dvostrukom stupačnom premještaju, poruka ni tada neće biti raskrivena, nego je potrebno ispisati taj prvi raskritak po retcima te ponoviti upis u tablicu po stupcima određenim rednim brojevima. To će, naposljetku, prikazati originalan jasnopis zakriven dvostrukim stupačnim premještajem.

2.2.3. Programska implementacija

Nakon pokretanja programa, upisuje se slovo „p“ za odabir premještajnog kritopisnog sustava. Zatim se odabire jednostruki stupačni premještaj ili dvostruki stupačni premještaj, upisivanjem „j“ ili „d“. Nakon odabira vrste premještajnog kritopisnog sustava, odabire se postupak zakrivanja ili raskrivanja unosom slova „z“ za zakrivanje ili slova „r“ za raskrivanje. Nakon odabira svoh tih opcija, došlo je vrijeme za upis poruke i ključa.

Program ispisuje postupak zakrivanja premještajnim kritopisnim sutavom te ispisuje jednu ili obje tablice, ovisno o odabranoj vrsti premještaja. Konačno, ispisuje zakritak u blokovima od po pet znakova, odvojenih razmakom.

Naravno, prilikom odabira raskrivanja, program ispisuje postupak raskrivanja te tablicu s jasnopisom koji je potrebno iščitati iz tablice te ga zapisati sa svim nedostajućim interpunkcijama.

Ako se radi o dvostrukom stupačnom premještaju, onda se kao nova poruka sprema novodobiveni zakritak te se ponavlja postupak. To je bilo jednostavno implementirati u program jer nije potrebno sve ponovo zapisivati, nego se može ponovno pozvati ista funkcija s tim novim izmijenjenim argumentima.

2.2.4. Problemi

Općeniti problem ovog sustava je nemogućnost prijenosa interpunkcijskih znakova pa ovisno o duljini poruke to može dovesti do nepreglednosti ili pomutnje pri iščitavanju poruke nakon raskrivanja.

Javio se i problem pri ponavljanju postupaka zakrivanja, odnosno raskrivanja, u dvostrukom stupačnom premještaju jer bi program dva puta ispisao postupak zakrivanja te time učinio ispis nepreglednim. To je bilo jednostavno otkloniti koristeći if() grananje koje je osiguravalo ispis postupka samo pri prvom pozivu funkcije premještajnog kritopisnog sustava.

2.3. Složeni kritopisni sustav

Složeni kritopisni sustav koristi oba prijašnja sustava za kreiranje zakritka. Time se povećava sigurnost sustava jer se dodatno komplicira algoritam. Ovaj sustav mijenja prvo redoslijed, a zatim i vrijednost pojedinog slova jasnopisa.

Kriptoanalitičar ima puno problema s razbijanjem ovog sustava. On mora pronaći ključ koji je korišten u oba dijela zakrivanja, a to nije tako jednostavno. Da bi otkrio ključ mora prvo raskriti premještajni sustav. Lako se otkrije prava matrica, ali sada nije moguće „pogađati“ redoslijed stupaca jer su slova zamijenjena pa ne daju smislene riječi. Iz tog razloga nije moguće pronaći ključ, a bez ključa nije moguće raskriti zamjenski sustav. Zamjenski kritopisni sustav je inače relativno jednostavan za kriptoanalizu jer je moguće isprobati sve opcije - broj opcija ovisi o broju slova abecede pojedinog jezika - te pronaći pravu, ali u ovom slučaju korišten je i premještajni sustav te je uz svaku opciju zamjene potrebno pokušati pronaći smislenu riječ premještajući redoslijed slova u riječima – ne znajući duljinu pojedine riječi. Korisni napad na ovaj sustav je frekvencijska analiza pojedinih znakova u jeziku čije se zakrivene poruke žele čitati bez poznavanja ključa.

2.3.1. Postupak zakrivanja koristeći Složeni kritopisni sustav

Postupak zakrivanja jasnopisa složenim kritopisnim sustavom sastoji se od kreiranja kritopisnog slovoreda u zamjenskom kritopisnom sustavu koristeći ključ. Zatim se tim ključem zakrije poruka koristeći premještajni kritopisni sustav. Konačan zakritak se dobije zakrivanjem privremenog zakritka - dobivenog premještajnim kritopisnim sustavom – koristeći novi kritopisni slovored – dobiven zamjenskim kritopisnim sustavom.

2.3.2. Postupak raskrivanja koristeći Složeni kritopisni sustav

Postupak raskrivanja kritopisa složenim kritopisnim sustavom sastoji se od kreiranja kritopisnog slovoreda koristeći ključ u zamjenskom kritopisniom sustavu. Zatim se tim slovoredom raskrije zakritak i dobije privremena poruka. Završno se ta privremena poruka raskrije u premještajnom sustavu koristeći isti ključ. Poruka se iščita iz tablice koju kreira premještajni sustav.

2.3.3. Programska implementacija

Nakon što je program pokrenut, upiše se slovo „s“ te se tako odabere složeni kritopisni sustav. Zatim se odabire raskrivanje ili zakrivanje te se upisuju poruka i ključ. Program će tim ključem ući u klasu zamjenskog kritopisnog sustava te kreirati kritopisni slovored. Nakon toga će program istim ključem ući u klasu premještajnog kritopisnog sustava te njime kreirati privremeni zakritak. Prilikom ulaska u druge klase, odnosno

pozivanja funkcija drugih klasa, program će ispisivati poruke što obavlja tako da korisnik može pratiti što se događa.

2.3.4. Problemi

Najveći problemi su bili kako iskoristiti funkcije drugih klasa. Bilo je potrebno korigirati vidljivosti pojedinih objekata, pozivati ih s drugog mjesta u kodu te je neke stvari čak trebalo i kopirati u novu klasu.

Idući problem je bio kontroliranje ispisa jer je drugačiji ispis prilikom pokretanja zakrivanja samo zamjenskim ili samo premještajnim kritopisnim sustavom. Zakrivanje koristeći jedan jednostavni sustav ispisuje cijeli postupak zakrivanja koji nije potreban prilikom zakrivanja složenim kritopisnim sustavom jer taj ima svoj ispis postupka.

2.4. Polialfabetski kritopisni sustav (Vigenereova šifra)

U zamjenskom kritopisnom sustavu svakom slovu jasnopisa odgovara jedinstveno slovo zakritka. To je vrsta monoalfabetskog kritopisnog sustava. Vigenereova šifra je primjer polialfabetskog zamjenskog kritopisnog sustava. Kao što ime kaže ovo je zamjenski sustav koji umjesto jedne opcije zamjene za pojedino slovo, ima ih više. Metodu sustava je prvobitno opisao Giovan Battista Bellaso, ali je kasnije shema algoritma bila pripisana Blaisu de Vigenereu te je tako sustav dobio i ime. Ovaj sustav se može opisati i kao multi-Cezarov sustav jer svako slovo ima svoju zamjenjeni kritopisni slovored, odnosno pripadajući parnjak kojim ga se mijenja u zakritku.

Vigenereova šifra je jedna od najpopularnijih kritopisnih sustava u povijesti.[24] Bila je u širokoj uporabi tijekom Američke revolucije, krajem 18. st.,[24] a korištena je i u Američkom građanskom ratu.

Postupak kriptoanalize je relativno kompliciran, ali zahtjevi su jednostavni. Potrebno je prvo odrediti duljinu ključa. To je moguće na dva načina: Kasiskijev test te indeks koincidencije. Nakon određene duljine ključa potrebno je odrediti sam ključ. To je moguće postići koristeći međusobni indeks koincidencije dvaju nizova.

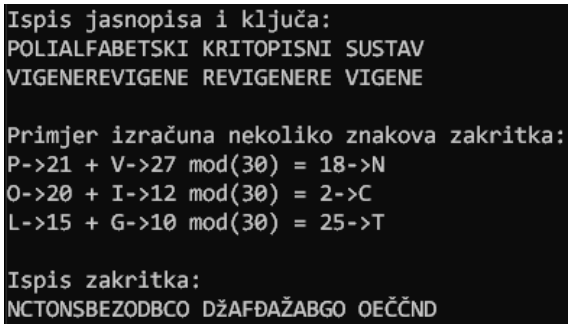
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
C	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
D	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C
E	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D
F	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
G	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
H	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G
I	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H
J	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
K	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
L	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
M	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
N	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
O	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
P	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Q	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
R	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
S	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
T	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
U	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
V	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
W	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
X	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Y	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Z	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y

Slika 8. Izgled Vigenereove tablice

2.4.1. Postupak zakrivanja koristeći Polialfabetski kritopisni sustav

Prvi korak u zakrivanju poruke koristeći Polialfabetski kritopisni sustav je dati indeks, odnosno brojčanu vrijednost, svakom slovu abecede. Za hrvatski jezik su to brojevi u rasponu 0-29. Zatim je potrebno zapisati jasnopis te ispod njega ispisati ključ i to tako da ide slovo ispod slova te ukoliko je potrebno, ponavljati slova ključa dok se ne stigne do kraja jasnopisa. Na taj način se omogućuje zakrivanje koristeći nekoliko različitih alfabeta. Slovo zakritka se dobije korištenjem uređenog para brojčanih vrijednosti za slovo jasnopisa i slovo ključa. Postoje dva načina za pronalaženje slova zakritka. Prvi način je da se slovo pronađe po koordinatama uređenog para u tablici zvanoj „Vigenereov kvadrat“, a drugi da se brojčana vrijednost slova zakritka izračuna po

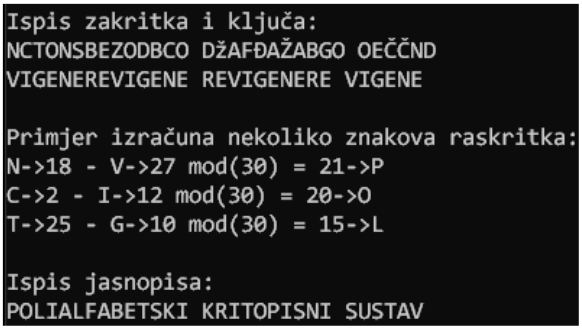
formuli iz modularne aritmetike koja glasi: (J+K)mod(30)=Z, gdje je J slovo jasnopisa, K slovo ključa, 30 je broj slova u abecedi, a Z slovo zakritka. (uredi to)



Slika 9. Primjer zakrivanja korištenjem modularne aritmetike

2.4.2. Postupak raskrivanja koristeći Polialfabetski kritopisni sustav

Prilikom raskrivanja poruke u polialfabetskom kritopisnom sustavu također je potrebno zapisati slova zakritka te ispod njih slova ključa. Nakon što svako slovo zakritka ima pripadajuće slovo ključa, odnosno pripadajući alfabet korišten za zakrivanje tog slova, ispisuju se uređeni par slovo zakritka – slovo ključa. Slovo jasnopisa se dobije traženjem po koordinatama uređenog para u tablici ili po formuli modularne aritmetike. (Z-K)mod(30)=J (uredi)



Slika 10. Primjer raskrivanja korištenjem modularne aritmetike

2.4.3. Programska implementacija

Nakon pokretanja programa korisnik upiše slovo „q“ te tako izabere kritopisni sustav „Kvadratna šifra“. Nakon toga se odabire između zakrivanja („z“) i raskrivanja („r“) te se upisuju poruka i ključ. Naravno, oboma se provjerava sintaksa. Nakon što je svve pravilno uneseno, program poziva metodu zakrivanja ili raskrivanja koja se nalazi u klasi „KvadratnaŠifra“. Ukoliko je odabrano zakrivanje, ispisuje se postupak zakrivanja, jasnopis, ključ te primjer izračuna indeksa za nekoliko znakova zakritka i

konačno, cijeli zakritak. S druge strane, odabirom raskrivanja, ispisuje se postupak raskrivanja, zakritak, ključ te primjer izračuna indeksa za nekoliko znakova jasnopisa i konačno, cijeli jasnopis.

2.4.4. Problemi

Ovo je bio jedan od jednostavnijih sustava za izradu. Bilo je potrebno izraditi listu slova abecede da bi se omogućilo indeksiranje. Jedini problematični dio je bila prilagodba znakova ključa znakovima poruke. Potrebno je osigurati razmake na jednakim mjestima te nastavak ispisa znakova ključa, a ne preskakanje onih koji se nalaze na tom mjestu. Taj problem je riješen tako da se u novu varijablu upisuju znakovi ključa sve dok ne naiđe na razmak u poruci. Kad naiđe na razmak, smanji indeks za jedan te prepiše taj znak u ključ. U ovom trenutku, program bi samo prepisao i sve druge posebne znakove, odnosno one koji se ne nalaze u abecedi.

2.5. DES – Data Encryption Standard

des vs 3 des?

Data Encryption Standard je razvijen 1970-ih godina. Bazira se na IBM-ovoj fejstel šifri zvanoj Lucifer. Fejstel šifra znači da se poruka dijeli na lijevu i na desnu polovinu. DES je također i blokovska šifra jer zakriva blokove jasnopisa veličine 64 bita. NSA (engl. National Security Agency) je kreirala DES iz Lucifera tako što je izmijenila duljina ključa sa starih 128 bitova na 56 bita. Prema tome je DES lakše razbiti od Lucifera koristeći potpunu pretragu ključeva. Sumnjalo se da je NSA namjerno oslabila DES, ali naknadne kriptoanalize su pokazale da je DES praktično jak kao i s ključem duljine 128 bita. Zatim je NSA promijenila kutije zamjene, tzv. „S - kutije“. I to je izazivalo sumnju o ostavljanju stražnjeg ulaza (engl.[0] backdoor), ali s vremenom je postalo jasno da su te promjene S-kutija zapravo ojačale algoritam nudeći zaštitu protiv kriptoanalitičkih metoda koje nisu bile poznate u to vrijeme. Cilj je uvesti konfuziju u zakritak tako da on ovisi od jasnopisa i ključa te difuziju tako da svaki bit zakritka ovisi o svim bitovima jasnopisa i ključa. Uz to, kod DESa, promjena jednog bita ključa ili jednog bita od 64 bita jasnopisa mijenja 50% bita bloka zakritka.

Sumirajući, DES je Fejstel šifra s dužinom bloka jasnopisa od 64 bita, duljinom ključa od 56 bitova (ukupno 2^{56} mogućih ključeva), prođe kroz 16 iteracija prije nego generira jedan blok zakritka te je duljina ključa pri svakoj iteraciji jednaka 48 bita.

Ključne dijelove DES algoritma čine kutije koje mogu proširivati, mijenjati poruku i ključ te generirati podključeve.

E-kutija (jel smijem ovo boldano? Jel treba tu razmak između povlake?) odrađuje ekpanzivnu permutaciju, odnosno proširuje svoj ulaz od 32 bita na 48 mijenjajući redoslijed bitova te čak i ponavljajući neke. Točno mapiranje prikazano je ekspanzivnom tablicom E (vidi sliku 11). E-kutija je potrebna jer se jedna polovica poruke sastoji od 32 bita, a ključ kojim se zakriva u ovoj iteraciji je 48 bita. E-kutija se brine da su nizovi jednake duljine da bi bilo moguće izvesti XOR operaciju nad ta dva niza.

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	21	22	23	24	25
24	25	26	27	28	29
28	29	30	31	32	1

E

Slika 11. Grafički prikaz E kutije

S-kutije su jedna od najvažnijih sigurnosnih funkcija u kompletnom algoritmu. Za razliku od drugih linearnih kutija, S-kutije su nelinearne i zato teške za kriptoanalizu. Svaka S-kutija preslikava 6 bitova u 4 bita, a DES ih koristi osam te tako preslikava 48 bitova u 32 bita. S-kutije su zapravo matrice koje se sastoje od četiri retka i šesnaest stupaca te se na svakom sjecištu retka i stupca nalazi neka 4-bitna vrijednost. Koriste se iste kutije kroz svaku iteraciju i služe za ponovno smanjenje duljine polovice poruke s 48 na 32 bita.

	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	14	4	13	1	2	15	11	8	3	10	6	12	5	9	0	7
0yyyy1	0	15	7	4	14	2	13	1	10	6	12	11	9	5	3	8
1yyyy0	4	1	14	8	13	6	2	11	15	12	9	7	3	10	5	0
1yyyy1	15	12	8	2	4	9	1	7	5	11	3	14	10	0	6	13

S-box 1

	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	15	1	8	14	6	11	3	4	9	7	2	13	12	0	5	10
0yyyy1	3	13	4	7	15	2	8	14	12	0	1	10	6	9	11	5
1yyyy0	0	14	7	11	10	4	13	1	5	8	12	6	9	3	2	15
1yyyy1	13	8	10	1	3	15	4	2	11	6	7	12	0	5	14	9

S-box 2

	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	10	0	9	14	6	3	15	5	1	13	12	7	11	4	2	8
0yyyy1	13	7	0	9	3	4	6	10	2	8	5	14	12	11	15	1
1yyyy0	13	6	4	9	8	15	3	0	11	1	2	12	5	10	14	7
1yyyy1	1	10	13	0	6	9	8	7	4	15	14	3	11	5	2	12

S-box 3

	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	7	13	14	3	0	6	9	10	1	2	8	5	11	12	4	15
0yyyy1	13	8	11	5	6	15	0	3	4	7	2	12	1	10	14	9
1yyyy0	10	6	9	0	12	11	7	13	15	1	3	14	5	2	8	4
1yyyy1	3	15	0	6	10	1	13	8	9	4	5	11	12	7	2	14

S-box 4

	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	2	12	4	1	7	10	11	6	8	5	3	15	13	0	14	9
0yyyy1	14	11	2	12	4	7	13	1	5	0	15	10	3	9	8	6
1yyyy0	4	2	1	11	10	13	7	8	15	9	12	5	6	3	0	14
1yyyy1	11	8	12	7	1	14	2	13	6	15	0	9	10	4	5	3

S-box 5

Slika 12. Prikaz prve četiri S-kutije (S1-S4)

S_5																
	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	2	12	4	1	7	10	11	6	8	5	3	15	13	0	14	9
0yyyy1	14	11	2	12	4	7	13	1	5	0	15	10	3	9	8	6
1yyyy0	4	2	1	11	10	13	7	8	15	9	12	5	6	3	0	14
1yyyy1	11	8	12	7	1	14	2	13	6	15	0	9	10	4	5	3
S_6																
	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	12	1	10	15	9	2	6	8	0	13	3	4	14	7	5	11
0yyyy1	10	15	4	2	7	12	9	5	6	1	13	14	0	11	3	8
1yyyy0	9	14	15	5	2	8	12	3	7	0	4	10	1	13	11	6
1yyyy1	4	3	2	12	9	5	15	10	11	14	1	7	6	0	8	13
S_7																
	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	4	11	2	14	15	0	8	13	3	12	9	7	5	10	6	1
0yyyy1	13	0	11	7	4	9	1	10	14	3	5	12	2	15	8	6
1yyyy0	1	4	11	13	12	3	7	14	10	15	6	8	0	5	9	2
1yyyy1	6	11	13	8	1	4	10	7	9	5	0	15	14	2	3	12
S_8																
	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	13	2	8	4	6	15	11	1	10	9	3	14	5	0	12	7
0yyyy1	1	15	13	8	10	3	7	4	12	5	6	11	0	14	9	2
1yyyy0	7	11	4	1	9	12	14	2	0	6	10	13	15	3	5	8
1yyyy1	2	1	14	7	4	10	8	13	15	12	9	0	3	5	6	11

Slika 13. Prikaz druge četiri S-kutije (S5-S8)

P-kutija čini inicijalnu permutaciju nad 64-bitnim blokom jasnopisa. Ne doprinosi sigurnosti sustava i njena prava svrha nije poznata. To je jedina kutija koja utječe na cijeli blok jasnopisa, a kasnije i zakritka.

16	7	20	21
29	12	28	17
1	15	23	26
5	18	31	10
2	8	24	14
32	27	3	9
19	13	30	6
22	11	4	25

P

Slika 14. Grafički prikaz P kutije

K-kutije služe za generiranje šesnaest podključeva duljine 48 bita na osnovu ključa duljina 56 bita. Sastoji se od tri faze. Prvo se odbacuju krajnjih 8 bitova ključa (bitovi parnosti dodani na početku), zatim se preostali bitovi mijenjaju na temelju tablice PC-1 (Permutation Change 1).[25] U drugoj fazi se ključ dijeli na lijevu i desnu polovicu te se kreira 16 podključeva s dužinom od 48 bitova. Konačno se u trećoj fazi koristi PC-2 za kreiranje prvog podključa.

C						
57	49	41	33	25	17	9
1	58	50	42	34	26	18
10	2	59	51	43	35	27
19	11	3	60	52	44	36
D						
63	55	47	39	31	23	15
7	62	54	46	38	30	22
14	6	61	53	45	37	29
21	13	13	28	20	12	4

PC1

Slika 15. Prikaz Permutacijske tablice 1 (PC1)

14	17	11	24	1	5
3	28	15	6	21	10
23	19	12	4	26	8
16	7	27	20	13	2
41	52	31	37	47	55
30	40	51	45	33	48
44	49	39	56	34	53
46	42	50	36	29	32

PC2

Slika 16. Prikaz Permutacijske tablice 2 (PC2)

2.5.1. Postupak zakrivanja i raskrivanja koristeći DES

Zakrivanje koristeći DES počinje s nasumičnim odabirom svakog bita od ukupnih 56 bita ključa. Taj ključ se proširuje tako da se na svako osmo mjesto dodaje bit parnosti. Ukoliko je u prošlih sedam bitova paran broj „1“, onda se dodaje „1“ kao osmi bit, a inače se dodaje 0. Zatim se kreira 16 podključeva duljine 48 bita koristeći K-kutije. Nakon kreiranja podključeva kreće obrada jasnopisa.

Blok jasnopisa se sastoji od 64 bita, odnosno od osam 8-bitnih ASCII znakova. Prvo se kodira blok jasnopisa koristeći Inicijalnu permutaciju IP.[25] Zatim se taj permutirani 64-bitni niz podijeli na lijevu i desnu polovicu te se proširi s 32 bita na 48 koristeći E-kutiju. (bez razmaka s povlakom?) Kad su ključ i permutirani jasnopis jednake duljine, 48 bita, vrijeme je da se provede XOR operacija nad njima. Koristeći S-kutije dobiveni niz se smanjuje s 48 bita na 32 bita i to tako da se podijeli niz na osam jednakih dijelova od po 6 bita. Nad svakim dijelom se obavlja jednak postupak. Prvi i zadnji bit govore

o retku u S-kutiji, a srednja četiri bita govore o stupcu. Na sjecištu tog retka i stupca, nalazi se 4-bitna vrijednost koja zamijenjuje onu inicijalnu 6-bitnu. Svaki 6-bitni dio ima svoju S-kutiju. Nad novodobivenim nizom se obavlja XOR operacija s lijevom stranom iz prošle iteracije te to postaje nova lijeva strana, i obratno. Na kraju svih šesnaest iteracija dobije se 64 bitni niz $L_{16}R_{16}$ kojem se zamijeni redoslijed pa postane $R_{16}L_{16}$ i nad time se obavi konačna permutacija IP^{-1} te se dobije zakritak veličine 64 bita, odnosno osam 8-bitnih ASCII znakova.

Raskrivanje je identičan proces zakrivanju, ali se ključevi u iteracijama koriste suprotnim redoslijedom. Dakle, ne kreće se s K_0, nego s K_{16}.

2.5.2. Programska implementacija i problemi

Zbog velikog broja iteracija i nemogućnosti kvalitetnog prikaza svih potrebnih tablica, odnosno kutija, DES je u program implementiran koristeći već ugrađenu DES klasu u C# u imenski prostor „System.Security.Cryptography“. Potrebno je bilo dodati imenski prostor te inicijalizirati klasu. U programu se ispisuje i postupak zakrivanja i raskrivanja za potrebe učenja, ali ne ispisuje se pojedinačno svaki korak. Ali je omogućeno zakriti i raskriti poruku koristeći DES radi boljeg upoznavanja standarda te opcije korištenja istog na nesigurnim web sjedištima.

2.6. Asimetrični kritopisni sustav (RSA – Rivest, Shamir, Adleman)

Dosad spomenuti kritopisni sustavi su tzv. Simetrični kritopisni sustavi, odnosno koriste samo jedan ključ za zakrivanje poruke. Glavni problem tih sustava je potreba za dogovaranjem, odnosno slanjem ključa što omogućuje kriptoanalitičaru da presretne tu informaciju i olakša razbijanje ostalog dijela sustava. Whitfield Diffie i Martin Helman predlažu primjenu asimetričnog kritopisnog sustava. Asimetrična kriptologija koristi dva ključa. Jedan za zakrivanje i jedan za raskrivanje. To omogućuje slanje ključa za zakrivanje kroz komunikacijski kanal jer dok je ključ za raskrivanje tajan, sustav je siguran. Ovakvi sustavi rade sporije od simetričnih i nisu pogodni za zakrivanje velikih količina podataka, ali se mogu koristiti za zakrivanje, digitalni potpis i razmjenu simetričnih ključeva.

Najpoznatiji algoritam asimetrične kriptografije je RSA.[0] Nazvan po početnim slovima prezimena njegovih autora, Ron Rivest, Shamir Adi i Leonard Adleman. Kao jednosmjernu funkciju koristi množenje jako velikih, čak stoznamenkastih prostih brojeva jer smatraju da je rastavljanje velikih brojeva na faktore dovoljno dugotrajan

posao da se može smatrati nemogućim. Ukoliko osoba želi poslati nekome zakrivenu poruku, mora je zakriti javnim ključem primatelja poruke. A zato što je ključ javan svatko može svakome poslati poruku, ali je ne mogu pročitati jer je za to potrebno poznavati tajni ključ. Jednosmjerna funkcija koja se koristi je ovog oblika: $f(x) = x^e \bmod n$. (uredi) Uz poznavanje vrijednosti tajnog ključa, moguće je pronaći njenu inverznu funkciju, ali inače je praktično nerješiva. Naravno, da bi sustav funkcionirao, javni i tajni ključ moraju biti inverzno recipročni. To svojstvo se može provjeriti po ovoj formuli: e*d mod(fi(n)) = 1 (uredi), gdje je e javni ključ, d tajni ključ, fi(n) umnožak prostih brojeva, koji čine javni djelitelj, umanjenih za jedan te to obavezno mora biti jednako „1“ jer tako osigurava inverznu recipročnost. Tajnost ovog sustava zasniva se na složenosti faktorizacije javnog djelitelja N koji se dobije umnoškom nasumičnih, proizvoljnih prostih brojeva. Valja napomenuti da ne postoji čvrst matematički dokaz je li rastavljanje na faktore jedini način za razbijanje RSA te nepostojanje kraćeg načina faktorizacije. Javni ključ e također mora biti prost pa se često radi brzine uzima što manji broj, ali se time i narušava sigurnost sustava.[0] Mnogi korisnici koriste isti eksponent e unutar javnih ključeva. Obično je to vrijednost e=65537. (citat str. 133) Povećanjem duljine ključa bi se povećala sigurnost sustava, ali se i znantno usporava izvršavanje algoritma.[0] Mjerenjem performansi RSA algoritma, utvrđeno je da je RSA algoritam 1500 puta sporiji od DES algoritma. Zbog tih svojstava, RSA se koristi samo za kriptiranje kriptografskih ključeva simetričnih sustava i digitalni potpis, a simetrični sustavi se koriste za zakrivanje poruka.

2.6.1. Postupak zakrivanja koristeći Asimetrični kritopisni sustav

Za zakrivanje poruke koristeći RSA kritopisni sustav, potrebni su javni ključ primatelja poruke te javni djelitelj. Javni djelitelj je umnožak dva ili tri velika prosta broja, otprilike stoznamenkastih. Javni djelitelj se kreira prilikom svakog početka komunikacije. Nakon što su prikupljeni javni djelitelj i javni ključ primatelja poruke, potrebno je svako slovo jasnopisa pretvoriti u neki broj, npr. ASCII kod ili, u slučaju hrvatske abecede, u broj ovisno o mjestu u abecedi, dakle A-0, te Ž-29. Zatim se taj broj potencira vrijednošću javnog ključa primatelja poruke, dijeli javnim djeliteljem te ostatak tog dijeljenja daje indeks, odnsono broj koji pokazuje na kojem mjestu u abecedi se nalazi slovo kojim zakrivamo ovo. $Z_i = j_i^e \bmod (n)$ (uredi)

2.6.2. Postupak raskrivanja koristeći Asimetrični kritopisni sustav

Za raskrivanje poruke koristeći RSA kritopisni sustav, potrebni su tajni ključ primatelja poruke te javni djelitelj. Javni djelitelj je jednak onom korištenom za zakrivanje. Tajni ključ i javni ključ moraju biti recipročno inverzni. To se osigurava ovom formulom: d*emod(fi(n))=1 (uredi). Ta formula omogućava izračun tajnog ključa primatelja poruke. Za formulu nam je potreban Eulerov toličnik, koji se računa umnoškom za jedan umanjenih prostih brojeva kojima se kreirao javni djelitelj. fi(n)=(p-1)(q-1)(promijeni fi? uredi). Nakon izračuna tajnog ključa, potrebno je svako slovo kritopisa pretvoriti u broj te potencirati tajnim ključem. Zatim se dijeli s javnim djeliteljem i ostatak te operacije čini indeks jasnopisnog slova koje je bilo zakriveno tim slovom. $J_i=z_i^d$ mod(n) (uredi)

2.6.3. Programska implementacija

Nakon što je program pokrenut, upiše se slovo “r” za korištenje RSA kritopisnog sustava. Zatim se upisuju vrijednosti javnog ključa te javnog djelitelja, odabire se raskrivanje ili zakrivanje upisivanjem “r” ili “z”. Tek se sad upisuje poruka. Prikupljene su svi podaci i sad je moguće započeti postupak. Prvo se ispisuje cijeli postupak određenog postupka te se za svako slovo poruke ispisuje indeks, odnosno mjesto u abecedi, vrijednost indeksa nakon potenciranja, ostatak dijeljenja s javnim djeliteljem te konačno slovo kojim se zamjenjuje originalno slovo poruke. Konačno, ispisuje se cijela poruka.

2.6.4. Problemi

Najveći problem se javio pri pokušaju određivanja od kojih prostih brojeva se sastoji javni djelitelj. Trenutno je to riješeno tako da program kreira listu od otprilike tisuću prostih brojeva te prolazi kroz listu i pokušava podijeliti javni djelitelj s dva ili više prostih brojeva te traži kojim brojevima može podijeliti, a da nema ostatka, odnosno da je ostatak nula.

Idući problem koji se javio bio je vezan za funkciju potenciranja koja se nalazi ugrađena u C# programski jezik. To je funkcija naziva “Pow()” koja je dio “Math” datoteke (engl. Library). Pow() funkcija prima dva argumenta. Vrijednost baze koja se potencira te vrijednost potencije na koju se potencira, a tip podatka koji vraća kao rezultat je tipa double. Double zauzima više memorije te obuhvaća više brojeva od int

tipa kojeg je indeks. Promjena double tipa u int prilikom pretrage slova u abecedi jer riješilo problem.

3. Zaključak

U ovom radu je ukratko opisano nekoliko vrsta kritopisnih sustava, od jednostavnijih prema kompliciranijima i novijima te time i sigurnijima. Uz detaljan opis postupka zakrivanja i raskrivanja, dane su upute korištenja te neki problemi prilikom izrade programa. Izrada programa, uz sve probleme, protekla je uspješno. Svi odabrani sustavi omogućavaju zakrivanje, raskrivanje poruka te ispis postupka i vrijednosti postepeno kako bi korisnici lakše naučili svojstva i algoritme pojedinog sustava.

Konzolna aplikacija je rađena u programu Microsoft Visual Studio računom koji nam je dodijelilo sveučilište. Za izradu aplikacije korišten je programski jezik C#. Programski jezik Python bi bio jednostavniji za korištenje i izradu aplikacije, ali radi jednostavnosti uporabe, odabran je C#. Programski jezik C# kreira izvršnu datoteku nastavka ".exe" koju je moguće pokrenuti na bilo kojem Windows računalu te ju je moguće poslati korisniku i nije potrebno ništa drugo instaliravati za razliku od Pythona koji zahtjeva instaliran interpreter te je to još jedan korak koji može izazivati probleme.

Svaki kritopisni sustav je svoja klasa koje se mogu, neke i moraju, koristiti unutar drugih klasa. Postoji i jedna glavna klasa nazvana Program koja upravlja upisima i prenosi informacije između korisnika i programa.

Aplikaciju bi se moglo unaprijediti tako da se kreira web aplikacija umjesto ove konzolne te bi se tako omogućilo lakše upravljanje vizualnim i informacijskim dizajnom. To bi program učinilo preglednijim te se ne bi trebala niti slati izvršna datoteka. Korisnik bi bio u mogućnosti samo otvoriti poveznicu web stranice te tako koristiti algoritme i učiti.

Konzolna aplikacija je izrađena kako bi se mogla koristiti za pomoć u nastavi, ali može se koristiti i kao sloj zaštite prilikom slanja e-mail poruka koje inače nisu kriptirane. Pošiljatelj i primatelj bi se mogli dogovoriti oko kritopisnog sustava te potrebnih podataka i tako omogućiti slanje kriptiranih poruka koristeći ranjive online sustave.

4. Literatura

Adamović, S. Ž.; Veinović M. Đ.;[29] Kriptologija 1 – Osnove za analizu i sintezu šifarskih sistema; Veljača 2013.g.

Link na web stranicu o vigenereu?

5. Prilog

Link na program na onedriveu

Izrada konzolne aplikacije za pomoć pri učenju kritopisnih sustava

Sažetak

Ovaj rad sadrži kratak opis kritopisnih sustava koji se obrađuju na kolegiju Kriptologije na Filozofskom fakultetu u Zagrebu i kao takav bi trebao služiti samo kao podsjetnik za pomoć u nastavi. Osim opisa zamjenskog, premještajnih i složenog kritopisnog sustava (kritopisnih sustava?) te Vigenereove šifre i DES-a, opisan je i jedan asimetrični sustav pod nazivom RSA. Uz ovaj rad postoji i popratna konzolna aplikacija napisana koristeći C# programski jezik. Nakon pojedinog opisa kritopisnog sustava napisane su upute za korištenje tog programa, problemi koji su se javljali prilikom njegove izrade. Od obrađenih simetričnih kritopisnih sustava, samo je DES direktno ugrađen u C# u imenskom prostoru System.Security.Cryptography. U popratnoj aplikaciji se i koristila ta ugrađena implementacija jer je za potrebe kolegija dovoljan opis postupka zakrivanja i raskrivanja, a ovako je jednostavno omogućeno i korištenje DES sustava. Naravno, popratnu konzolnu aplikaciju moguće je koristiti i za razonodu ili kao dodatnu sigurnost na nepovjerljivim internetskim sustavima te ju to čini najjednostavnijim načinom uporabe starih kritopisnih sustava u suvremenoj tehnologiji.

Ključne riječi: pomoć u nastavi, kriptologija, C# konzolna aplikacija, kritopisni sustavi, završni rad

Creating console application used for learning encription systems

Summary

Prijevod sažetka

Key words: help in learning, cryptology, C# console application, cryptography systems, BA thesis