Evolúcia a chyby v ransomware

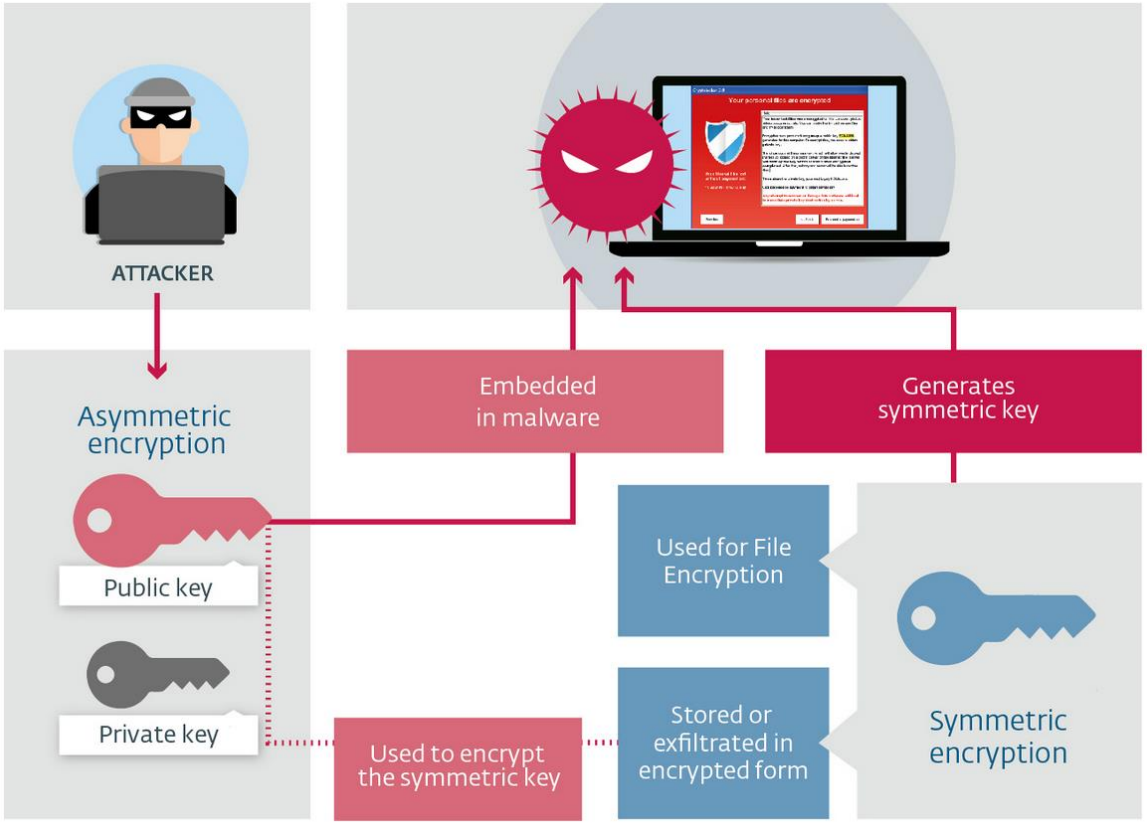
JÁN KOTRADY, UPJŠ 2016

SPRACOVANÉ PODĽA [1] HOW ENCRYPTION MOLDED CRYPTO-RANSOMWARE, CASSIUS PUODZIUS, WELIVESECURITY.COM

Obsah

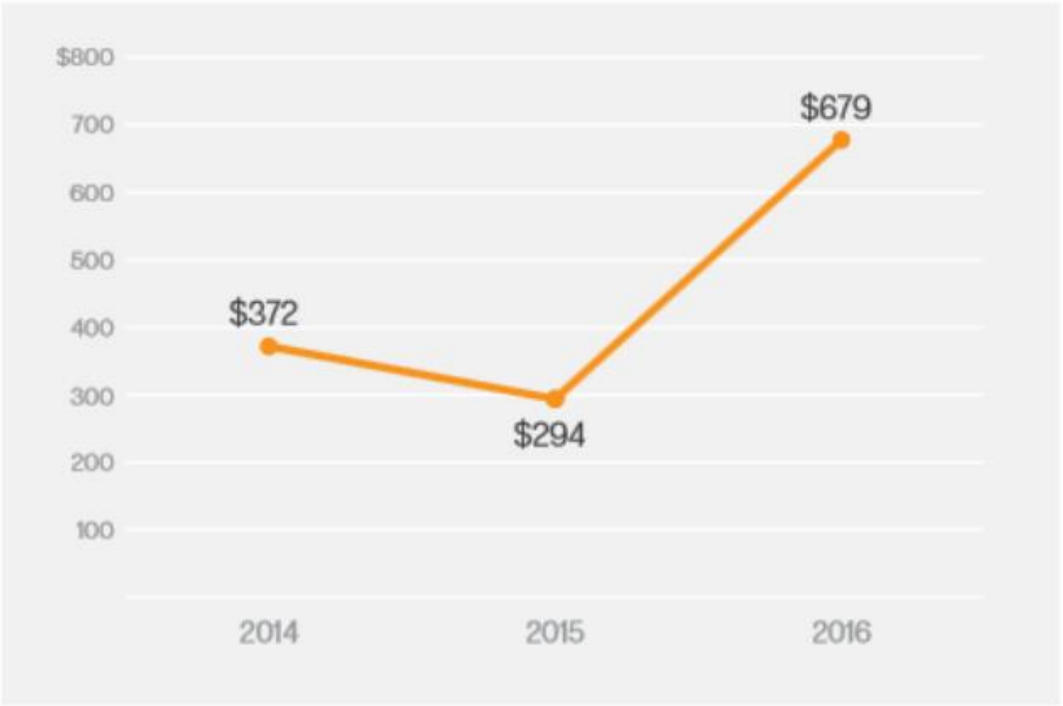
- Ransomware všeobecne
- CrytoDefense – CryptoLocker
- TorrentLocker
- TeslaCrypt
- Petya

Ransomware


ATTACKER
Asymmetric encryption
Public key
Private key
Embedded in malware
Generates symmetric key
Used for File Encryption
Used to encrypt the symmetric key
Stored or exfiltrated in encrypted form
Symmetric encryption

Ransomware

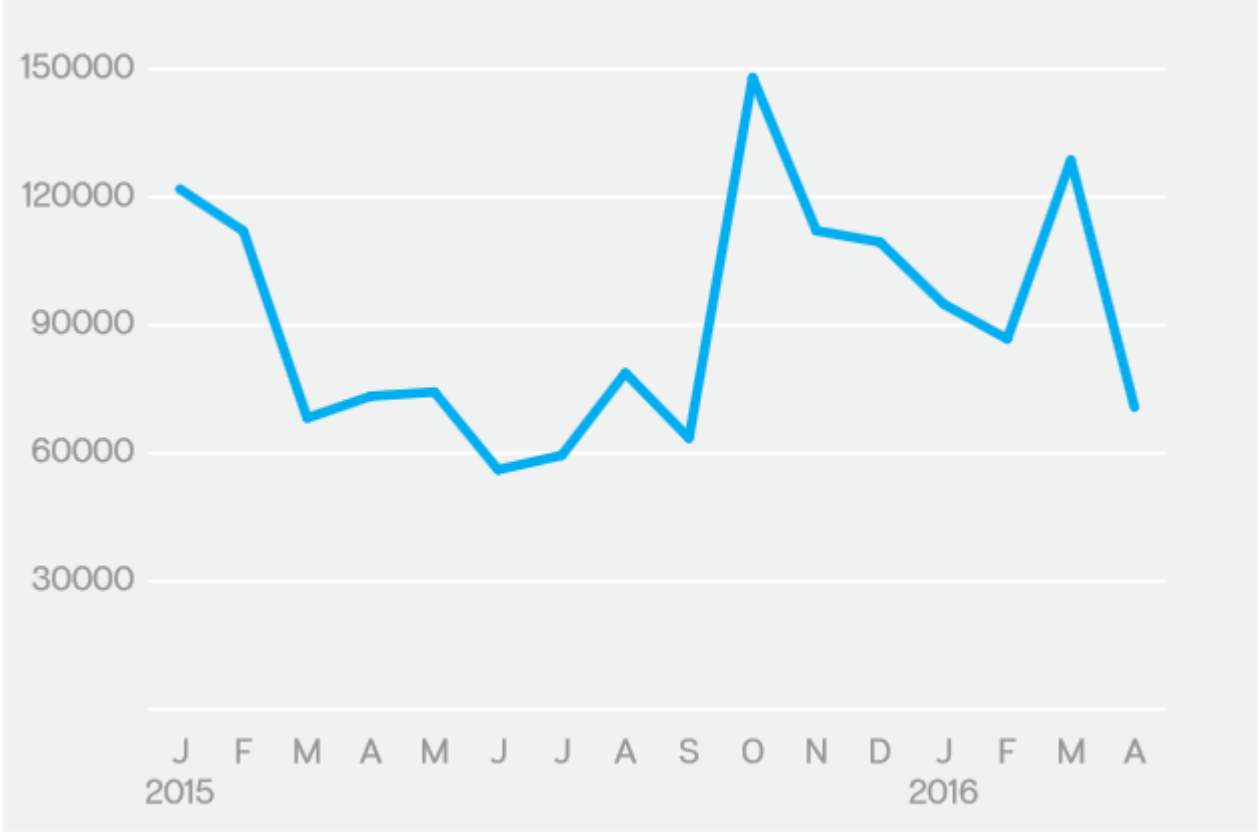
- Podľa [2]:
- Najziskovejší malware
- 3 000 000- 27 000 000 $
- 200 000 000 $
- 679 $ - 294 $ (koniec roka 2015)
- Hollywood Presbyterian Medical Center, Los Angeles
  - 17000 $
- Najviac predávaný typ malware – 100 $ - viac ako 3000 $



Vývoj cien [2]

Ransomware

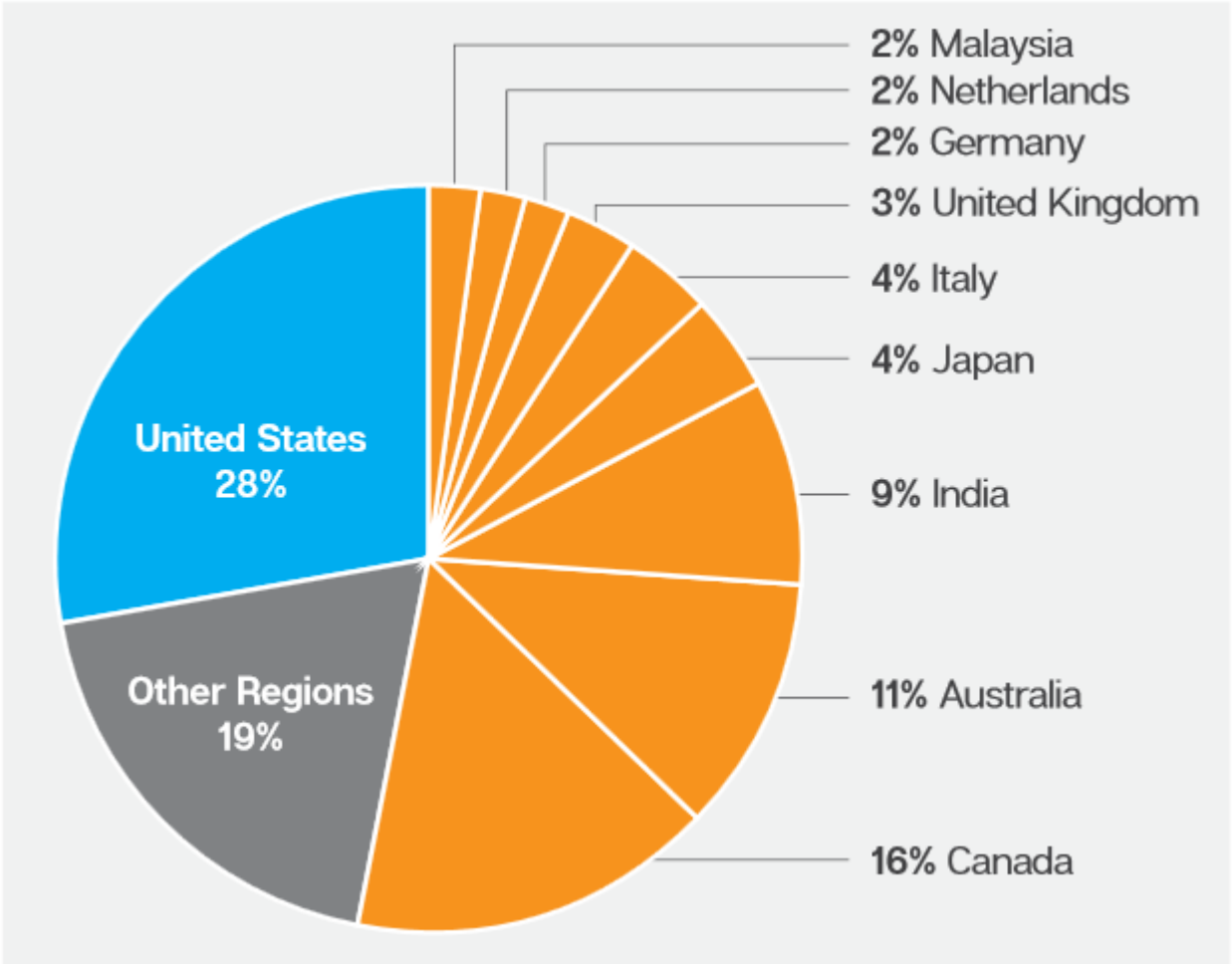
- TeslaCrypt
- Locky



Počet nakazených zariadení [2]

Ransomware

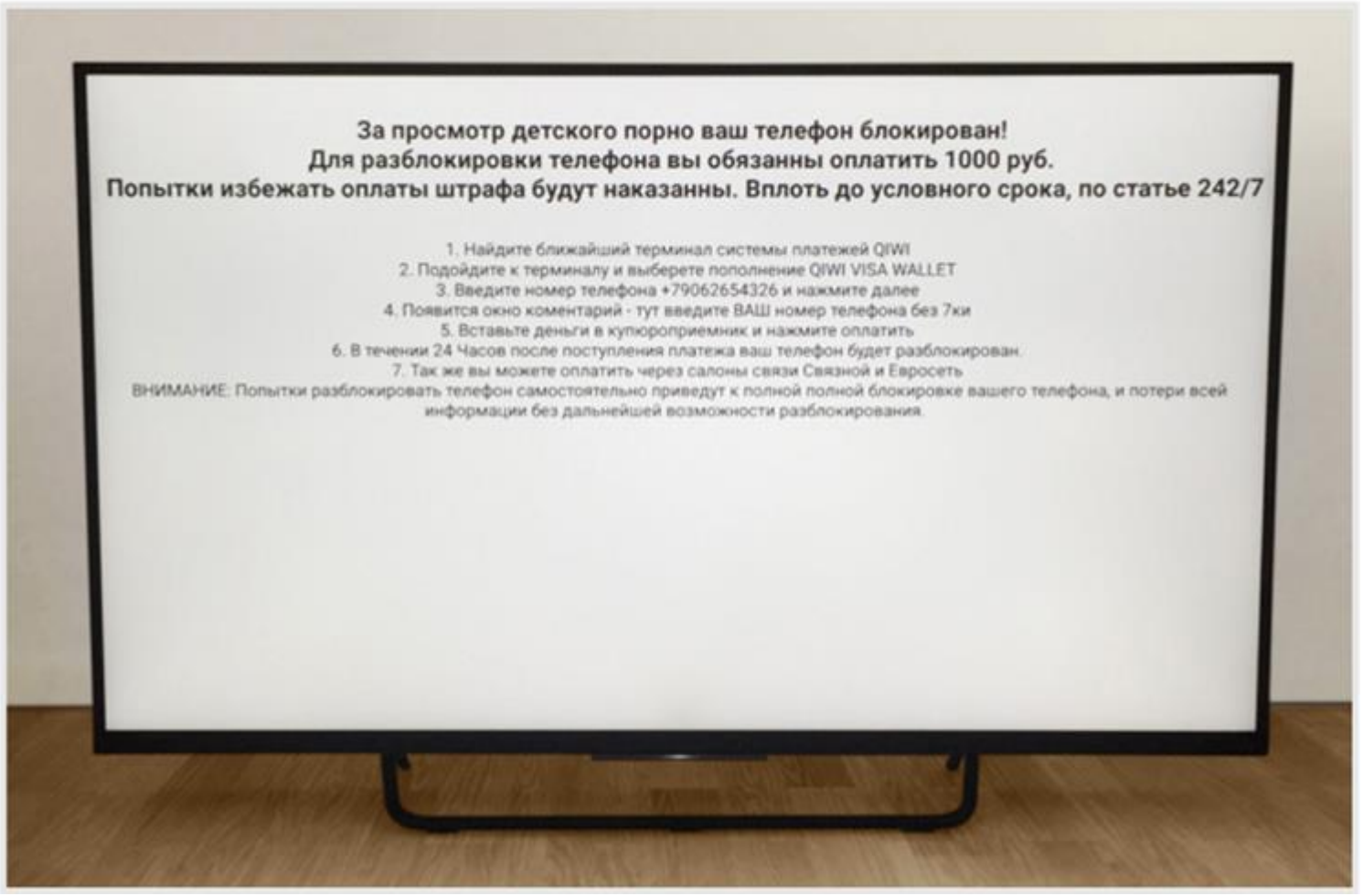
Organizácie vs súkromní užívatelia [2]



Infekcie podľa krajiny [2]

Ransomware

- Smart watch
- Stunex
  - Industrial Control Systems



Smart TV [2]

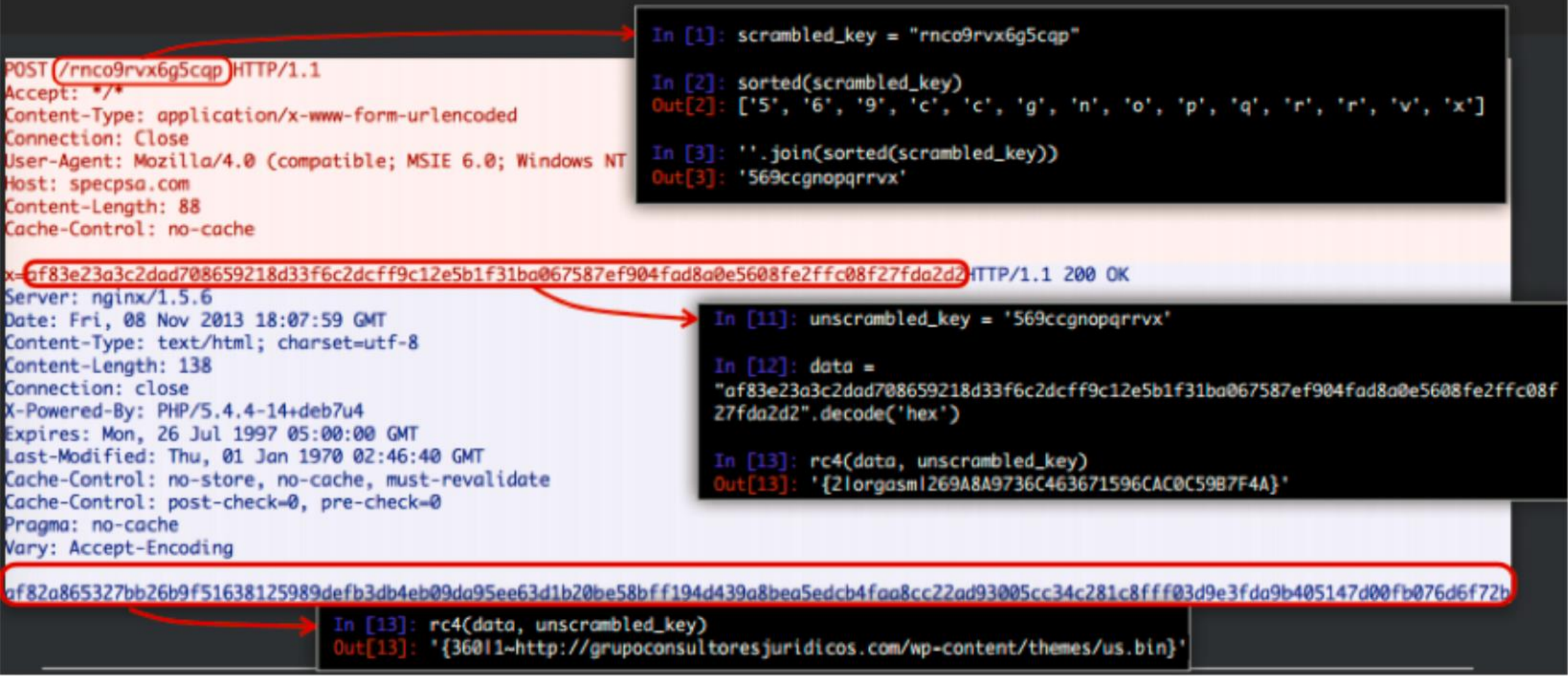
CryptoDefense - CryptoLocker

CryptoDefense

- 26.3.2014 - Symantec
  - November 2015 - CryptoWall 4.0: 1.56 bitcoin ≈ 1152 $
- ESET – CryptoWall – 10.4.2014
- Posledná verzia: 13.11.2015
- HTTP POST
- Obfuscation

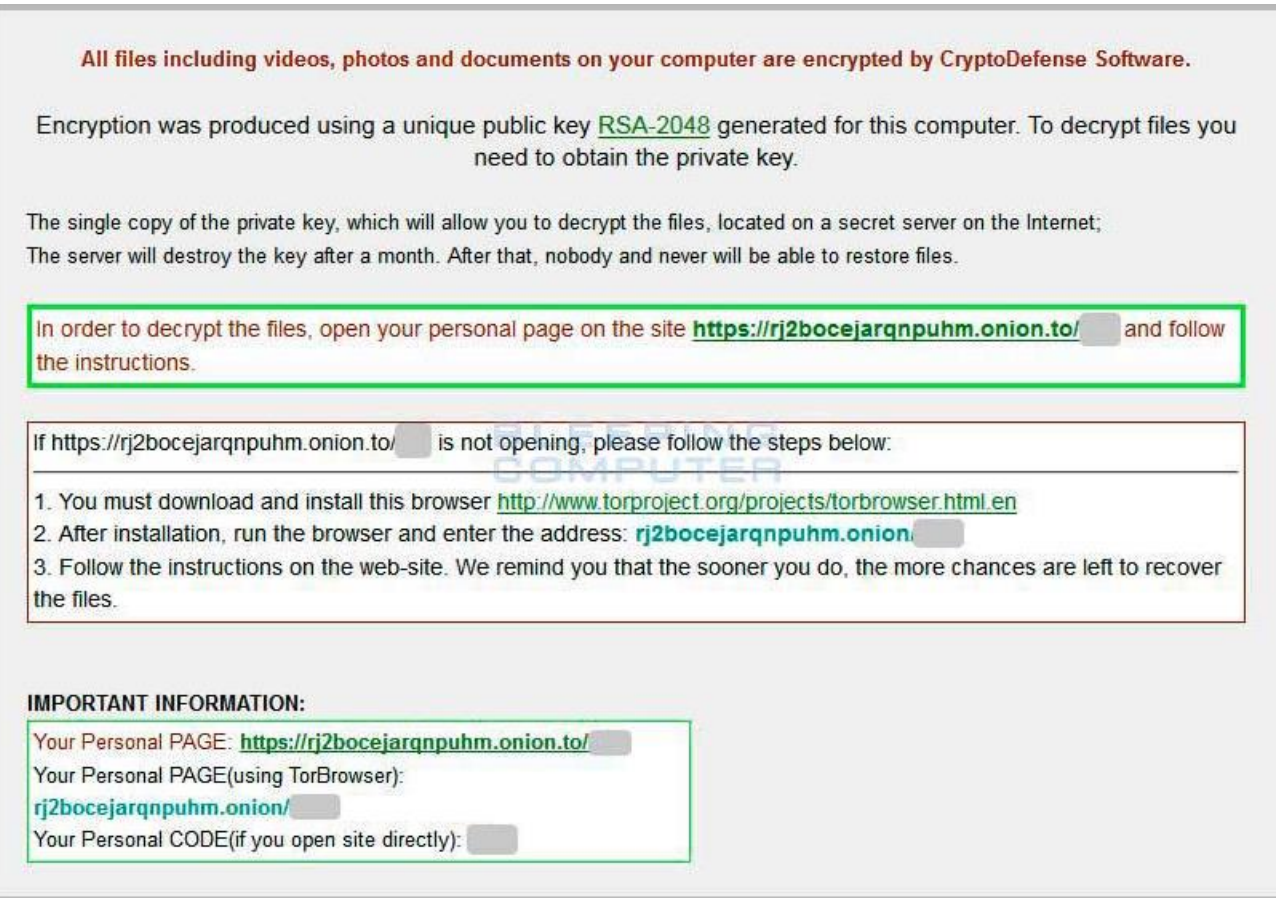
CryptoDefense

- pem, jpg, doc, pdf, bmp, cs, cer, cpp, gif, mp3, tex, txt, xls, avi …
- rj2bocejarqnpuhm.tor2web.org/[+…]



Príklad CryptoLocker protokolu

Príklad CryptoLocker, zdroj: symantec.com



Príklad CryptoDefense, zdroj: symantec.com

CryptoLocker

- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID}

CryptoLocker

- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID}
- C&C -> CL {“ok”}

CryptoLocker

- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID}
- C&C -> CL {“ok”}
- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID + … }

CryptoLocker

- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID}
- C&C -> CL {“ok”}
- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID + … }
- C&C -> CL {ransom_note,RSA-2048_public_key}

CryptoLocker

- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID}
- C&C -> CL {“ok”}
- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID + … }
- C&C -> CL {ransom_note,RSA-2048_public_key}
- CL -> C&C {“ok”} …

Kde je chyba ?

CryptoLocker

- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID}
- C&C -> CL {“ok”}
- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID + … }
- C&C -> CL {ransom_note,RSA-2048_public_key}
- CL -> C&C {“ok”} …

CryptoDefense

- Vylepšenie CryptoLocker
- Fix: vynechané kroky 3 a 4 (a 5).

CryptoLocker

- CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID}
- C&C -> CL {“ok”}
- ~~CL -> C&C {campaign_ID, unique_system_ID + … }~~
- ~~C&C -> CL {ransom_note,RSA-2048_public_key}~~
- ~~CL -> C&C {“ok”} …~~

CryptoDefense

- Vylepšenie CryptoLocker
- Fix: vynechané kroky 3 a 4 (a 5).
- Kľúč generovaný u obete – aj súkromný aj verejný

CryptoDefense

- Vylepšenie CryptoLocker
- Fix: vynechané kroky 3 a 4 (a 5).
- Kľúč generovaný u obete – aj súkromný aj verejný
- Kľúč uložený na disk (S & P)

CryptoDefense

- Vylepšenie CryptoLocker
- Fix: vynechané kroky 3 a 4 (a 5).
- Kľúč generovaný u obete – aj súkromný aj verejný
- Kľúč uložený na disk (S & P)
  - Nezašifrovaný

CryptoDefense

- Vylepšenie CryptoLocker
- Fix: vynechané kroky 3 a 4 (a 5).
- Kľúč generovaný u obete – aj súkromný aj verejný
- Kľúč uložený na disk (S & P)
  - Nezašifrovaný
  - Autor ho zabudol zmazať ...

CryptoDefense

- Vylepšenie CryptoLocker
- Fix: vynechané kroky 3 a 4 (a 5).
- Kľúč generovaný u obete – aj súkromný aj verejný
- Kľúč uložený na disk (S & P)
  - Nezašifrovaný
  - Autor ho zabudol zmazať ...

TorrentLocker

TorrentLocker

- AES
- Symantec – 20.8.2014
- decryptionguru.com/gate.php
- https://server38.info/gate.php
- hesla a email-ové adresy
- .encrypted
- Nešifruje bez kontaktovania C&C

TorrentLocker

.wb2,.psd,*.p7c,*.p7b,*.p12,*.pfx,*.**pem**,*.**crt**,*.**cer**,*.**der**,*.pl,*.py,*.lua,*.css,*.js,*.asp,*.php,*.incpas,*.asm,*.hpp,*.h,*.cpp,*.c,*.7z,*.zip,*.rar,*.drf,*.blend,*.apj,*.3ds,*.dwg,*.sda,*.ps,*.pat,*.fxg,*.fhd,*.fh,*.dxb,*.drw,*.design,*.ddrw,*.ddoc,*.dcs,*.csl,*.csh,*.cpi,*.cgm,*.cdx,*.cdrw,*.cdr6,*.cdr5,*.cdr4,*.cdr3,*.cdr,*.awg,*.ait,*.ai,*.agd1,*.ycbcra,*.x3f,*.stx,*.st8,*.st7,*.st6,*.st5,*.st4,*.srw,*.srf,*.sr2,*.sd1,*.sd0,*.rwz,*.rwl,*.rw2,*.raw,*.raf,*.ra2,*.ptx,*.pef,*.pcd,*.orf,*.nwb,*.nrw,*.nop,*.nef,*.ndd,*.mrw,*.mos,*.mfw,*.mef,*.mdc,*.kdc,*.kc2,*.iiq,*.gry,*.grey,*.gray,*.fpx,*.fff,*.exf,*.erf,*.dng,*.dcr,*.dc2,*.crw,*.craw,*.cr2,*.cmt,*.cib,*.ce2,*.ce1,*.arw,*.3pr,*.3fr,*.**mpg**,*.**jpeg**,*.**jpg**,*.mdb,*.sqlitedb,*.sqlite3,*.sqlite,*.sql,*.sdf,*.sav,*.sas7bdat,*.s3db,*.rdb,*.psafe3,*.nyf,*.nx2,*.nx1,*.nsh,*.nsg,*.nsf,*.nsd,*.ns4,*.ns3,*.ns2,*.myd,*.kpdx,*.kdbx,*.idx,*.ibz,*.ibd,*.fdb,*.erbsql,*.db3,*.dbf,*.db-journal,*.db,*.cls,*.bdb,*.al,*.adb,*.backupdb,*.bik,*.backup,*.bak,*.bkp,*.moneywell,*.mmw,*.ibank,*.hbk,*.ffd,*.dgc,*.ddd,*.dac,*.cfp,*.cdf,*.bpw,*.bgt,*.acr,*.ac2,*.ab4,*.djvu,*.pdf,*.sxm,*.odf,*.std,*.sxd,*.otg,*.sti,*.sxi,*.otp,*.odg,*.odp,*.stc,*.sxc,*.ots,*.ods,*.sxg,*.stw,*.sxw,*.odm,*.oth,*.ott,*.**odt**,*.odb,*.**csv**,*.rtf,*.accdr,*.accdt,*.accde,*.accdb,*.sldm,*.sldx,*.ppsm,*.ppsx,*.ppam,*.potm,*.potx,*.pptm,*.pptx,*.pps,*.pot,*.ppt,*.xlw,*.xll,*.xlam,*.xla,*.xlsb,*.xltm,*.xltx,*.xlsm,*.xlsx,*.xlm,*.xlt,*.xls,*.xml,*.dotm,*.dotx,*.docm,*.**docx**,*.dot,*.**doc**,*.**txt**

TorrentLocker

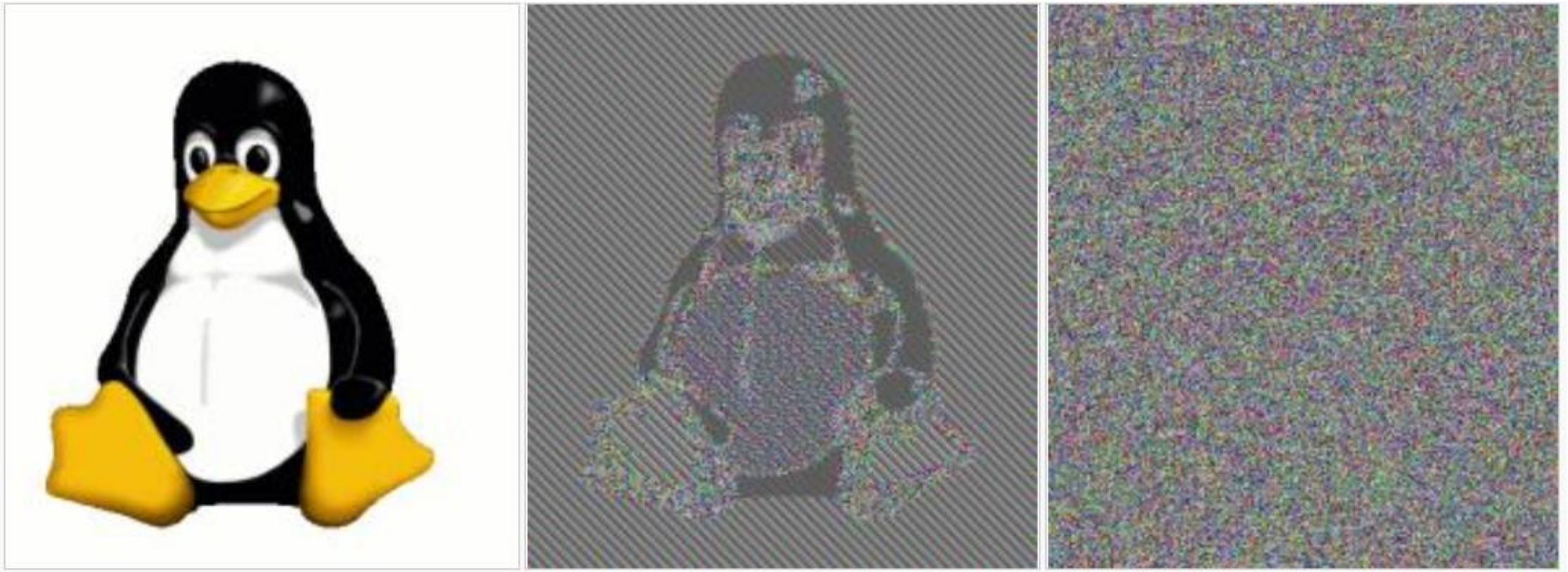
- AES – 128 bitová verzia

TorrentLocker

- AES – 128 bitová verzia
- Využitie módov

TorrentLocker

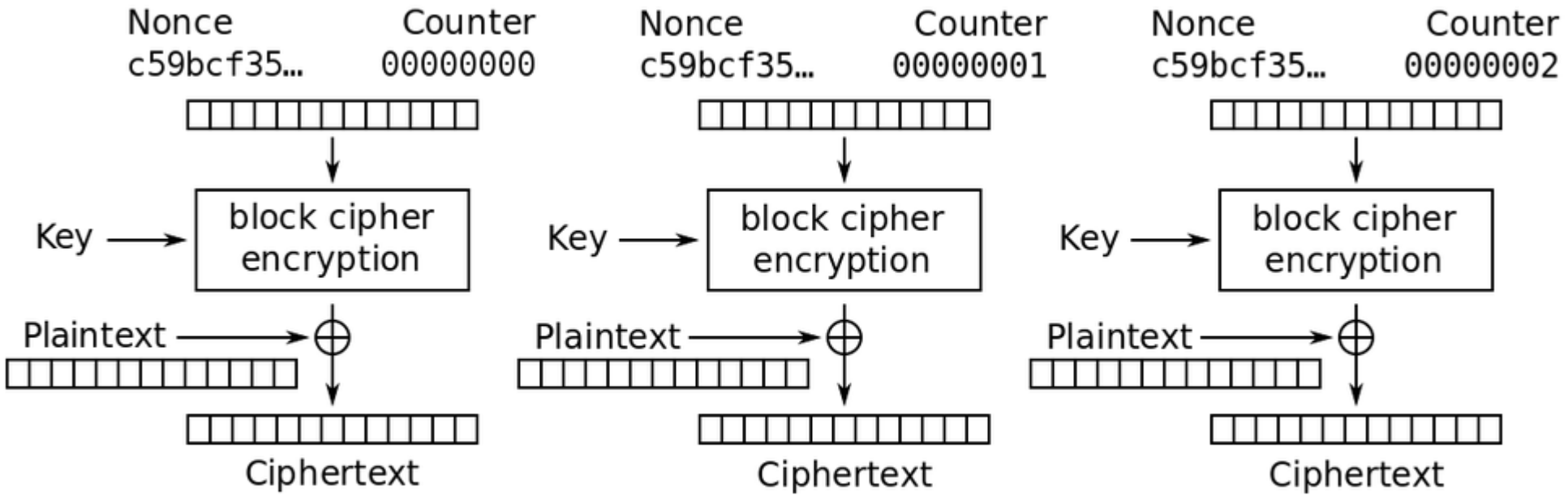
- AES – 128 bitová verzia
- Využitie módov
- CBC, ECB, PCBC, CFB ...



ECB vs CBC, Zdroj: wikipedia.org

TorrentLocker

- AES – 128 bitová verzia
- Využitie módov
- CBC, ECB, PCBC, CFB ...
- CTR



Counter (CTR) mode encryption

Zdroj wikipedia.org

TorrentLocker

- Generuje 2MB kľúč

TorrentLocker

- Generuje 2MB kľúč
- Šifruje iba prvých 2MB súboru

TorrentLocker

- Generuje 2MB kľúč
- Šifruje iba prvých 2MB súboru
- Využíva CRT

TorrentLocker

- Generuje 2MB kľúč
- Šifruje iba prvých 2MB súboru
- Využíva CRT
  - XOR ⊕

XOR operácie			
1	⊕	1	0
1	⊕	0	1
0	⊕	1	1
0	⊕	0	0

TorrentLocker

- Generuje 2MB kľúč
- Šifruje iba prvých 2MB súboru
- Využíva CRT
  - XOR $\oplus$
  - P $\oplus$ K = C

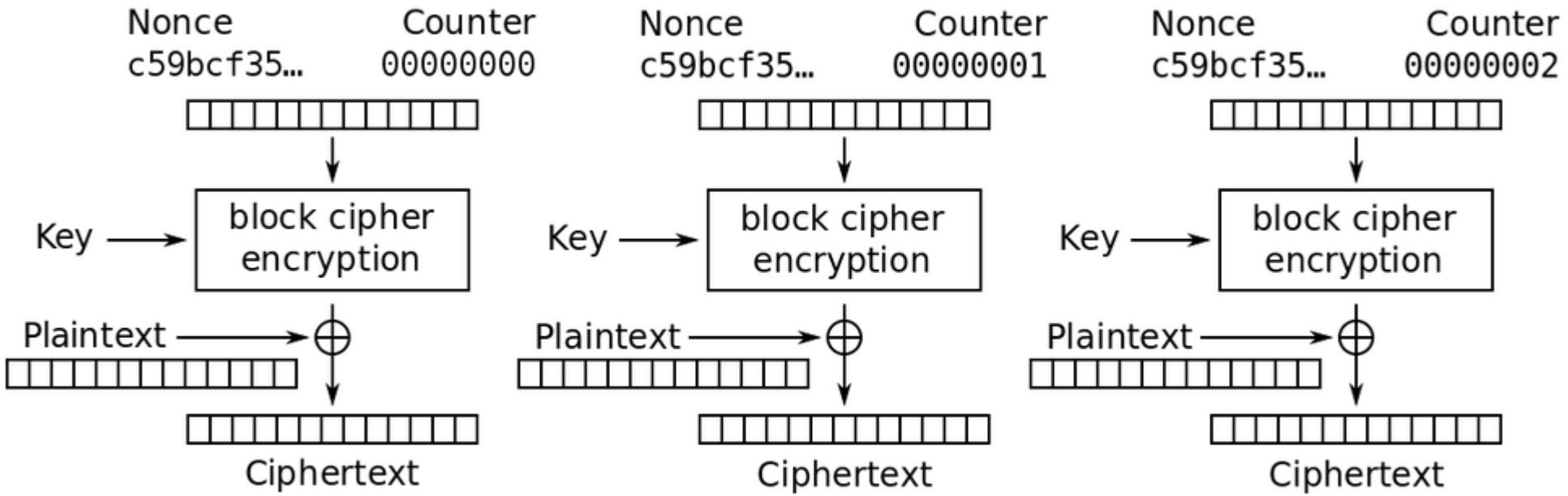
XOR operácie			
1	$\oplus$	1	0
1	$\oplus$	0	1
0	$\oplus$	1	1
0	$\oplus$	0	0

TorrentLocker

- Generuje 2MB kľúč
- Šifruje iba prvých 2MB súboru
- Využíva CRT
  - XOR $\oplus$
  - P $\oplus$ K = C
  - C $\oplus$ P = P $\oplus$ K $\oplus$ P = K $\oplus$ P $\oplus$ P = K $\oplus$ 0 = K

XOR operácie			
1	$\oplus$	1	0
1	$\oplus$	0	1
0	$\oplus$	1	1
0	$\oplus$	0	0

k_1=101101			
1	$\oplus$	1	0
0	$\oplus$	0	0
1	$\oplus$	1	0
1	$\oplus$	1	0
0	$\oplus$	0	0
1	$\oplus$	1	0



Counter (CTR) mode encryption

Zdroj wikipedia.org

A čo ak...

TorrentLocker

- Generuje 2MB kľúč
- Šifruje iba prvých 2MB súboru
- Využíva CRT
- Máme pôvodný nezašifrovaný súbor...

TorrentLocker

- Generuje 2MB kľúč
- Šifruje iba prvých 2MB súboru
- Využíva CRT
- Máme pôvodný nezašifrovaný súbor...
  - Získame K

TorrentLocker

- Generuje 2MB kľúč
- Šifruje iba prvých 2MB súboru
- Využíva CRT
- Máme pôvodný nezašifrovaný súbor...
  - Získame K
  - Dešifrujeme celý disk

A čo ak ho nemáme ?

TorrentLocker

- C:\Users\Public\Music\Sample Music … (> 2MB)

TorrentLocker

- C:\Users\Public\Music\Sample Music … (> 2MB)
- …

TeslaCrypt

TeslaCrypt

- Symantec 25.2.2015, G7: 10.5.2016
- Jeden z najúspešnejších ramsomware
- 2 BTC ≈ 1450 $
- Šifruje súbory s príponamy ako CryptoLocker, resp. CryptoDefense
- 7tno4hib47vlep5o.tor2web.blutmagie.de
- 7tno4hib47vlep5o.tor2web.fi
- 7tno4hib47vlep5o.tor2web.org
- AES 256
- 76 522 $ za 2 mesiace

Your documents, photos, databases and other important files have been encrypted with strongest encryption and unique key, generated for this computer.

Private decryption key is stored on a secret Internet server and nobody can decrypt your files until you pay and obtain the private key.

If you see the main locker window, follow the instructions on the locker.
Overwise, it's seems that you or your antivirus deleted the locker program.
Now you have the last chance to decrypt your files.

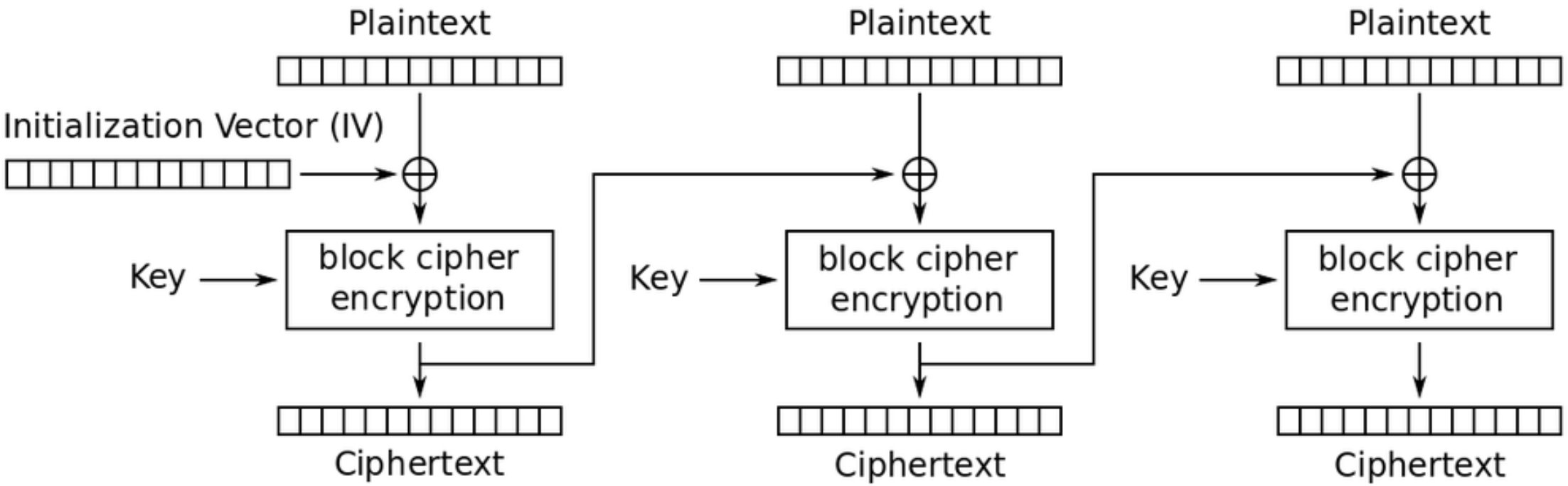
Open http://34r6hq26q2h4jkzj.tor2web.org or http://34r6hq26q2h4jkzj.onion.cab in your browser. They are public gates to the secret server.

If you have problems with gates, use direct connection:
1. Download Tor Browser from http://torproject.org
2. In the Tor Browser open the http://34r6hq26q2h4jkzj.onion/
Note that this server is available via Tor Browser only.
Retry in 1 hour if site is not reachable.
Copy and paste the following Bitcoin address in the input form on server. Avoid missprints.
1KFgfxz8cUViX16xypNaHkM1eU1Y6wQ3K3
Follow the instructions on the server.

Zdroj symantec.com

TeslaCrypt

- CBC narozdiel od CRT v prípade TorrentLocker



Cipher Block Chaining (CBC) mode encryption

Zdroj wikipedia.org

TeslaCrypt

- CBC narozdiel od CRT v prípade TorrentLocker
- FK = file key
  - Generovaný na infikovanom PC

TeslaCrypt

- CBC narozdiel od CRT v prípade TorrentLocker
- FK = file key
  - Generovaný na infikovanom PC
- EC - El-Gamal

TeslaCrypt

- CBC narozdiel od CRT v prípade TorrentLocker
- FK = file key
  - Generovaný na infikovanom PC
- EC - El-Gamal
- Recovery key = RK

TeslaCrypt

- CBC narozdiel od CRT v prípade TorrentLocker
- FK = file key
  - Generovaný na infikovanom PC
- EC - El-Gamal
- Recovery key = RK
- RK = C2K * FK (?)

TeslaCrypt

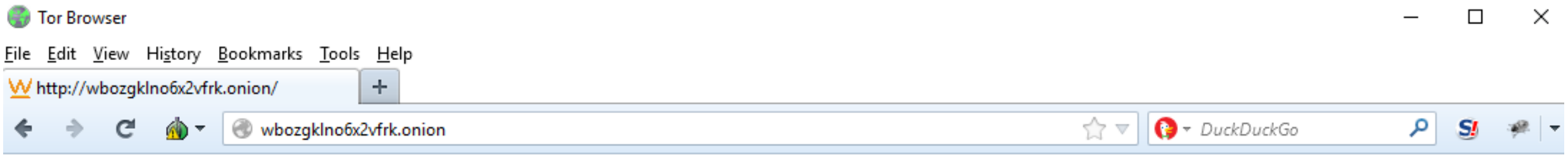
- CBC narozdiel od CRT v prípade TorrentLocker
- FK = file key
  - Generovaný na infikovanom PC
- EC - El-Gamal
- Recovery key = RK
- RK = C2K * FK (?)
- C2K, FK sú prvočísla

TeslaCrypt

- CBC narozdiel od CRT v prípade TorrentLocker
- FK = file key
  - Generovaný na infikovanom PC
- EC - El-Gamal
- Recovery key = RK
- RK = C2K * FK (?)
- C2K, FK sú prvočísla, malé prvočísla!

TeslaCrypt

- CBC narozdiel od CRT v prípade TorrentLocker
- FK = file key
  - Generovaný na infikovanom PC
- EC - El-Gamal
- Recovery key = RK
- RK = C2K * FK (?)
- C2K, FK sú prvočísla, malé prvočísla!
- Faktorizácia ... (do 5 minút)



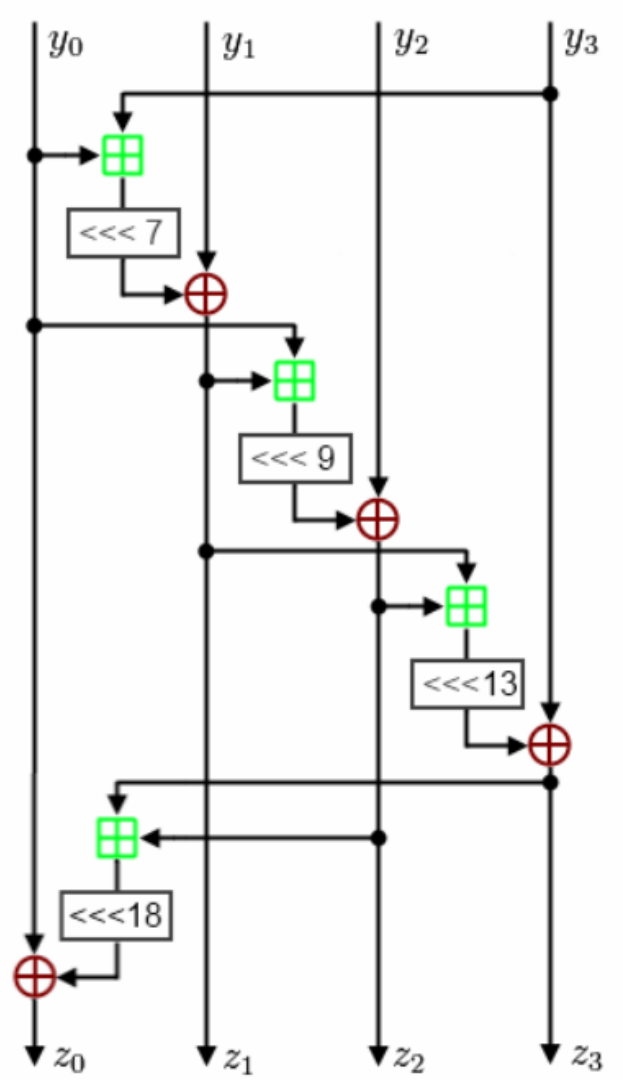
Project closed
master key for decrypt
440A241DD80FCC5664E861989DB716E08CE627D8D40C7EA360AE855C727A49EE
wait for other people make universal decrypt software

we are sorry!

Petya

Petya

- MBR
- Salsa20 – prúdová šifra
- Dvojitý reštart
- Falošný CHKDSK
- Symantec a ESET: 29.3.2016
- 0.99 BTC ≈ 700 $



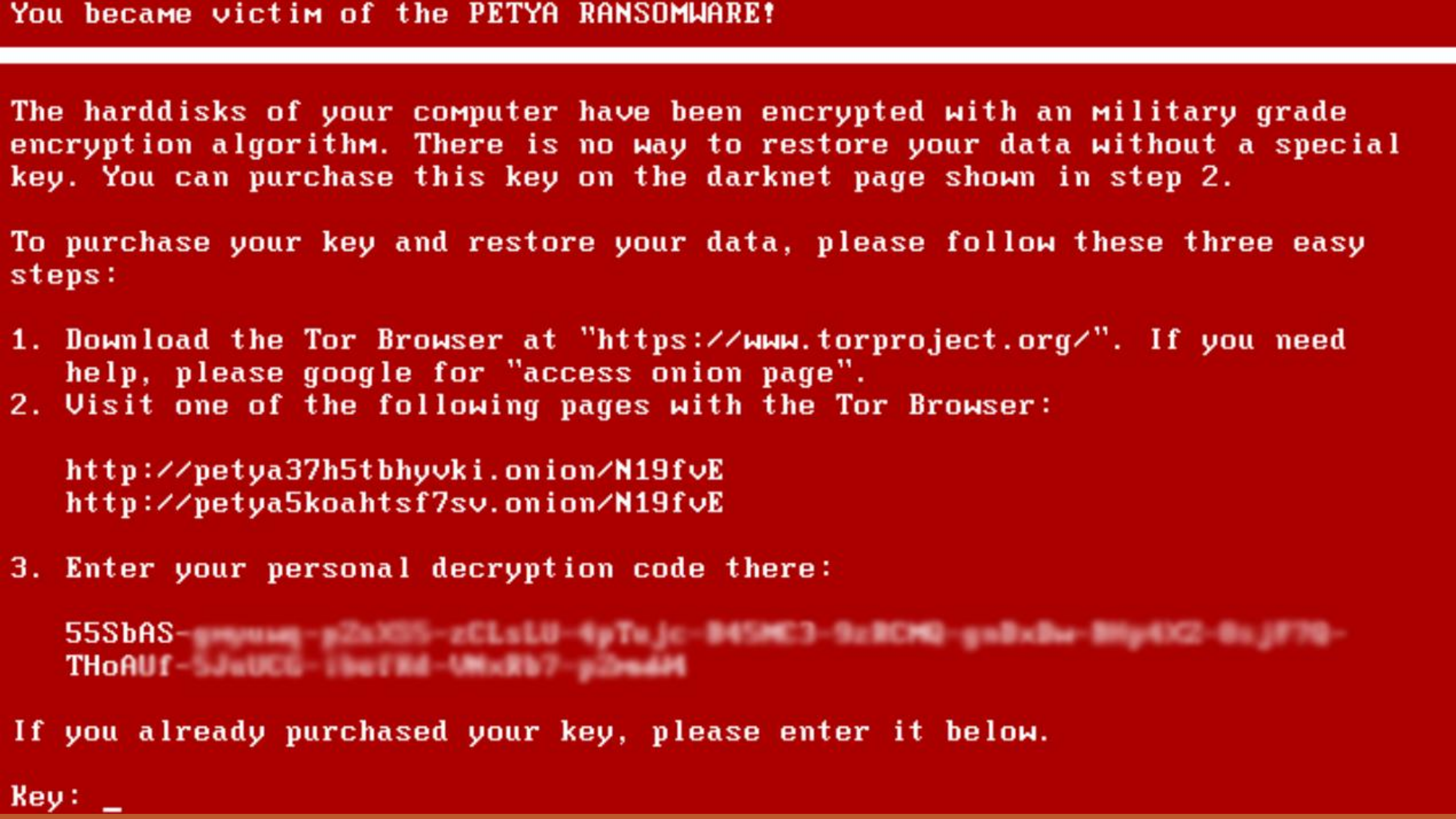
```
Repairing file system on C:

The type of the file system is NTFS.
One of your disks contains errors and needs to be repaired. This process
may take several hours to complete.It is strongly recommended to let it
complete.

WARNING: DO NOT TURN OFF YOUR PC! IF YOU ABORT THIS PROCESS, YOU COULD
DESTROY ALL OF YOUR DATA! PLEASE ENSURE THAT YOUR POWER CABLE IS PLUGGED
IN!

CHKDSK is repairing sector 8666 of 22688 (38%)
```


PRESS ANY KEY!


You became victim of the PETYA RANSOMWARE!
The harddisks of your computer have been encrypted with an military grade encryption algorithm. There is no way to restore your data without a special key. You can purchase this key on the darknet page shown in step 2.
To purchase your key and restore your data, please follow these three easy steps:
1. Download the Tor Browser at "https://www.torproject.org/". If you need help, please google for "access onion page".
2. Visit one of the following pages with the Tor Browser:
http://petya37h5tbhyvki.onion/N19fvE
http://petya5koahtsf7sv.onion/N19fvE
3. Enter your personal decryption code there:
55SbAS-
THoAUf-
If you already purchased your key, please enter it below.
Key: _

Petya

- Dekódovací kľúč: 16 znakov

Petya

- Dekódovací kľúč: 16 znakov
- 54 rôznych symbolov

Petya

- Dekódovací kľúč: 16 znakov
- 54 rôznych symbolov
- Expanzia na 256 bitov

Petya

- Dekódovací kľúč: 16 znakov
- 54 rôznych symbolov
- Expanzia na 256 bitov
- Kontrola s verifikačným bufferom

Petya

- Dekódovací kľúč: 16 znakov
- 54 rôznych symbolov
- Expanzia na 256 bitov
- Kontrola s verifikačným bufferom
  - k -> salsa20

Petya

- Expanzia je deterministická, nepridáva žiadnu entropiu

Petya

- Expanzia je deterministická, nepridáva žiadnu entropiu
- Bezpečnosť: $54^{16} = 2^{96}$

Petya

- Expanzia je deterministická, nepridáva žiadnu entropiu
- Bezpečnosť: $54^{16} = 2^{96}$
- Chyba v implementácií Salsa20

Petya

- Expanzia je deterministická, nepridáva žiadnu entropiu
- Bezpečnosť: $54^{16} = 2^{96}$
- Chyba v implementácií Salsa20
  - Obsahuje pole 16 „slov“ (konštanty, náhodné slová a kľúč z master-table)

Petya

- Expanzia je deterministická, nepridáva žiadnu entropiu
- Bezpečnosť: $54^{16} = 2^{96}$
- Chyba v implementácií Salsa20
  - Obsahuje pole 16 „slov“ (konštanty, náhodné slová a kľúč z master-table)
  - Zavádzač je 16 bitový na x86 architektúre

```
static void s20_hash(uint8_t seq[64])
{
  int i;

  uint16_t x[16]; // 16-bit vectors
  uint16_t z[16]; // 16-bit vectors

  for (i = 0; i < 16; ++i)
    x[i] = z[i] = s20_littleendian16(seq + (4 * i)); // reads short (2 bytes)
but increments by 4 bytes (sizeof(uint32))

  for (i = 0; i < 10; ++i)
    s20_doubleround(z);

  for (i = 0; i < 16; ++i) {
    z[i] += x[i];
    s20_rev_littleendian(seq + (4 * i), z[i]);
  }
}
```

```
int i;
uint32_t x[16];
uint32_t z[16];

// Create two copies of the state in little-endian format
// First copy is hashed together
// Second copy is added to first, word-by-word
for (i = 0; i < 16; ++i)
  x[i] = z[i] = s20_littleendian(seq + (4 * i));
```

Petya

- Expanzia je deterministická, nepridáva žiadnu entropiu
- Bezpečnosť: $54^{16} = 2^{96}$
- Chyba v implementácií Salsa20
  - Obsahuje pole 16 slov (konštanty, náhodné slová a kľúč z master-table)
  - Zavádzač je 16 bitový na x86 architektúre
  - 2^{46} .....

Záver

- Kryptografia je prelomená implementačnou chybou
- Ľudia sú omylní
- Nekopírovať kód
- 2000 importov zlepených jedným riadkom
- Antivírus (anti - ransomware)
- Kontrolovať email
- Neotvárať neznáme prílohy a súbory

Zdroje

[1]

http://www.welivesecurity.com/2016/09/13/how-encryption-molded-crypto-ransomware/

[2]
http://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/media/security_response/whitepapers/ISTR2016_Ransomware_and_Businesses.pdf

- symantec.com

- eset.com

- wikipedia.org

Ďakujem za pozornosť.