vulnerabilità del software

la fonte del software

- siamo abituati a procurarci il software scaricandolo da Internet
  - es. sistemi operativi, software di produttività, ecc.
- ci fidiamo di chi ci fornisce il software?

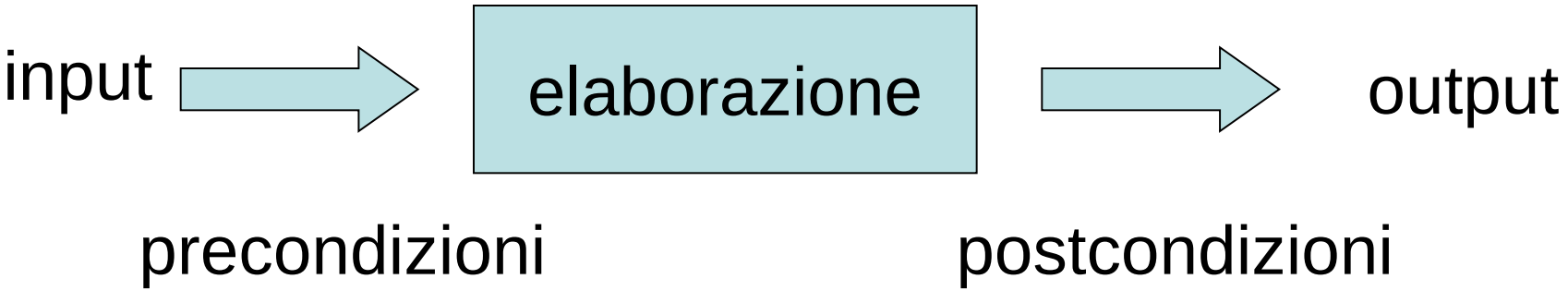
software da fonte non fidata

- 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
- contromisure
  - formazione
  - soluzioni tecniche per impedire l'esecuzione del software

… ma non basta

- non basta essere certi della fonte
- il software può…
  - contenere errori logici (rispetto ai “requisiti”)
  - non gestire casi limite o input inattesi
  - fare eccessive “assunzioni” sull’ambiente in cui viene eseguito

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 (cioè i requisiti)

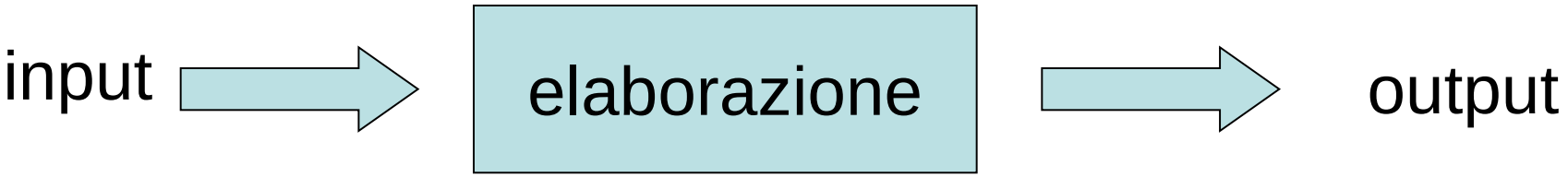
correttezza e sicurezza

- programmi non corretti sono una minaccia
  - perché fanno cose inattese
- contromisura
  - formazione dei programmatori puntata sulla correttezza rispetto a requisiti descritti formalmente
  - collaudo

input inattesi

- …ma la correttezza non basta
- non è detto che l'input soddisfi le precondizioni!

vulnerabilità: mancata verifica dell'input



precondizioni
verifica

postcondizioni
error handling

- un programma corretto **è vulnerabile** quando esiste un input che **non soddisfa la precondizioni (malformato)** per cui non c'è una verifica e un error handling "adeguato"
  - tipicamente la verifica o non c'è o non rileva tutti gli input malformati

due approcci opposti «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
  - inefficiente
  - tipicamente adottato 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»)

definizione
input *fidato* e *non fidato*

- considera un processo *P*
  - inteso come esecuzione di un programma
- *P* ha in generale vari input
  - standard input, socket, variabili di ambiente, file, ecc.
- ciascun dato di input ha una sorgente *S* (o fonte)
  - cioè un soggetto che ha creato il dato

- *S* è **non fidata** se *P* ha qualche diritto che *S* non ha (su almeno un oggetto)
  - *S* è fidata se *P* ha tutti i diritti uguali o minori di S

dalla vulnerabilità alla minaccia

- un programma vulnerabile diviene una **minaccia** quando il suo input proviene da sorgente non fidata

- in tal caso, la sorgente può sfruttare la vulnerabilità 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)

possibili effetti di un attacco

- 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 arbitrarie
  - …per esempio formattare il vostro hard disk
- se l'input è costruito ad arte da un hacker egli può decidere ciò che il programma attaccato eseguirà

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"
    - es. Java Virtual Machine del vostro browser
    - virtualizzazione, sandbox, ecc.

(interpreti sicuri e sandbox)

- alcuni sistemi eseguono software in maniera da evitare tutti gli effetti collaterali che tale esecuzione può provocare
  - compresi gli effetti di possibili comportamenti malevoli o attacchi
- tale modalità di esecuzione è alle volte detta *sandbox*
- … ma non è detto che la sandbox non sia esente da bug…

accertare la presenza di una vulnerabilità dai suoi effetti visibili

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

casi notevoli:

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

“…ma è difficile da sfruttare”

spesso 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….

cosa fare in caso di sospetta vulnerabilità

- chi trova una vulnerabilità in un software noto…
  - avvisa il “suo” Computer Emergency Response Team (CERT) o Computer Security Incident Response Team (CSIRT)
- 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)
- ma alle volte la vulnerabilità viene venduta…

il mercato degli zero-day

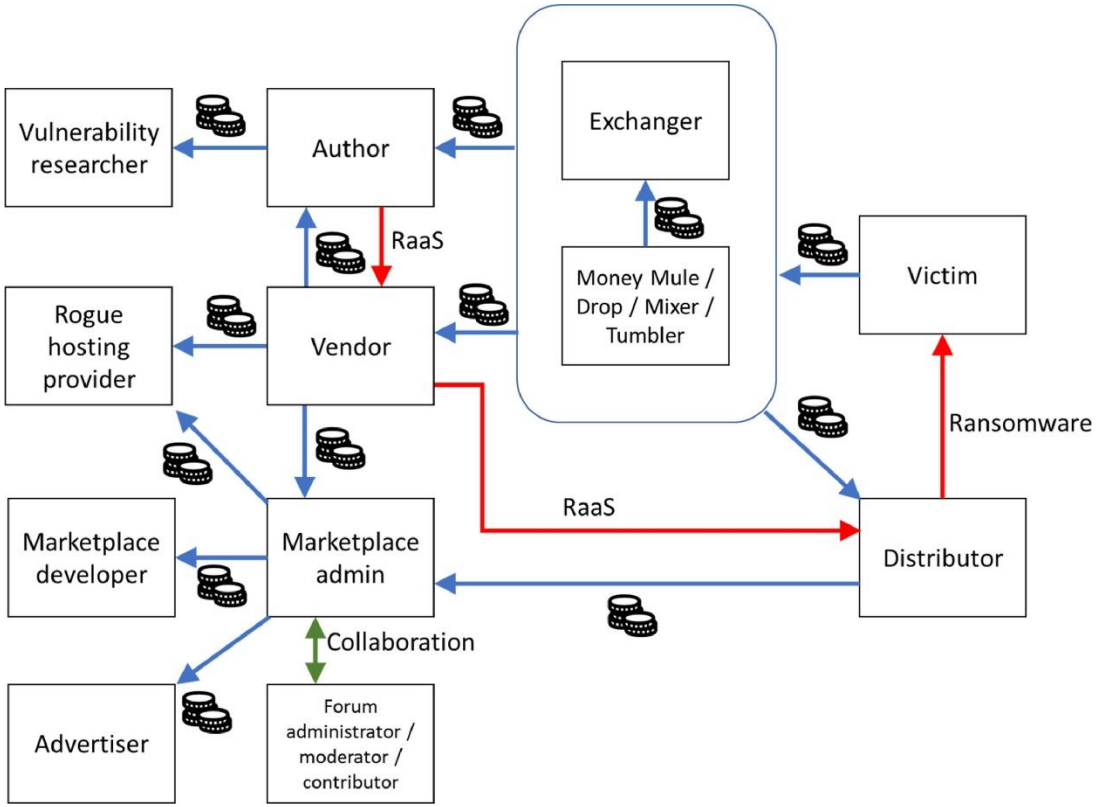
- le vulnerabilità non note sono dette *zero-day*
- uno zero-day è una informazione preziosa per chi sviluppa malware
- gli zero-day possono essere venduti su mercati illeciti nel *dark web* (o *dark net*)
  - il dark web è basato su reti cifrate non tracciabili come ad esempio TOR

cybercrime market

- anche altri semilavorati o prodotti hanno un mercato illecito
  - exploit
  - virus
  - zombies (macchine compromesse)
  - botnet (insieme di zombies comandate in maniera coordinata), sempre più spesso venduti come *-as-a-service
  - credenziali per login a vari servizi
  - n. di carte di credito
  - dati personali

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.

Una lista più aggiornata: https://www.privacyaffairs.com/dark-web-price-index-2022/

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
- cert italiano: www.csirt.gov.it
  - presso l'Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale
- lista di CERT famosi
  https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_emergency_response_team

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 bugtraq.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 e altre vulnerabilità

	2012		2015		2017		2019		2020		2021 (partial)	
Vulnerabilities for missing input checks												
XSS	859	14,72%	992	11,63%	1085	6,57%	1418	8,66%	1659	9,07%	861	7,56%
CSRF	172	2,95%	285	3,34%	248	1,50%	336	2,05%	353	1,93%	174	1,53%
php	724	12,41%	646	7,58%	969	5,87%	1047	6,40%	1334	7,30%	533	4,68%
buffer	436	7,47%	525	6,16%	1328	8,04%	1020	6,23%	1037	5,67%	777	6,82%
sql	344	5,90%	420	4,93%	671	4,06%	639	3,90%	778	4,26%	454	3,99%
	2535	**43,45%**	**2868**	**33,64%**	**4301**	**26,05%**	**4460**	**27,24%**	**5161**	**28,23%**	**2799**	**24,58%**
Other vulnerabilities												
configuration	129	2,21%	155	1,82%	336	2,04%	590	3,60%	594	3,25%	406	3,57%
default	98	1,68%	104	1,22%	269	1,63%	360	2,20%	404	2,21%	265	2,33%
password	196	3,36%	252	2,96%	432	2,62%	560	3,42%	695	3,80%	297	2,61%
firmware	52	0,89%	167	1,96%	447	2,71%	477	2,91%	410	2,24%	239	2,10%
android	168	2,88%	412	4,83%	1200	7,27%	771	4,71%	695	3,80%	365	3,21%
Total records	**5834**		**8526**		**16509**		**16370**		**18282**		**11385**	

da http://nvd.nist.gov feeds in formato json
stima in base alla presenza di parole nel campo "description"
alcune righe possono contenere più parole
Le percentuali sono calcolate rispetto al totale dei records