

Securitatea sistemelor de calcul

Introducere

Marius Minea

28 septembrie 2011

Ce conține acest curs ?

Securitatea *sistemelor*

sistem de operare + aplicații

securitatea rețelelor

Ce conține acest curs ?

Securitatea *sistemelor*

sistem de operare + aplicații
securitatea rețelelor

Programare cu accent pe securitate

vulnerabilități posibile și metode de prevenire

Ce conține acest curs ?

Securitatea *sistemelor*

sistem de operare + aplicații
securitatea rețelelor

Programare cu accent pe securitate

vulnerabilități posibile și metode de prevenire

Criptografie

fundamente pentru întreg domeniul de securitate

Ce conține acest curs ?

Securitatea *sistemelor*

sistem de operare + aplicații
securitatea rețelelor

Programare cu accent pe securitate

vulnerabilități posibile și metode de prevenire

Criptografie

fundamente pentru întreg domeniul de securitate

Protocoale de securitate și modelarea lor

exemple din diverse domenii

principii și tehnici de modelare și analiză

Ce este securitatea ?

“Security is [...] preventing adverse consequences from the intentional and unwarranted actions of others” [Bruce Schneier, *Beyond Fear*]

“Computer Security deals with the *prevention* and *detection* of *unauthorized* actions by users of a computer system” [D. Gollmann]

Ce este securitatea ?

“Security is [...] preventing adverse consequences from the intentional and unwarranted actions of others” [Bruce Schneier, *Beyond Fear*]

“Computer Security deals with the *prevention* and *detection* of *unauthorized* actions by users of a computer system” [D. Gollmann]

Un sistem de securitate *previne* atacuri
posibil și: detecție, recuperare/reparare

Ce este securitatea ?

“Security is [...] preventing adverse consequences from the intentional and unwarranted actions of others” [Bruce Schneier, *Beyond Fear*]

“Computer Security deals with the *prevention* and *detection* of *unauthorized* actions by users of a computer system” [D. Gollmann]

Un sistem de securitate *previne* atacuri
posibil și: detecție, recuperare/reparare

Securitatea tratează acțiuni *intenționate*
acțiuni întâmplătoare: *siguranța* (safety \neq security !)

Ce este securitatea ?

“Security is [...] preventing adverse consequences from the intentional and unwarranted actions of others” [Bruce Schneier, *Beyond Fear*]

“Computer Security deals with the *prevention* and *detection* of *unauthorized* actions by users of a computer system” [D. Gollmann]

Un sistem de securitate *previne* atacuri
posibil și: detecție, recuperare/reparare

Securitatea tratează acțiuni *intenționate*
acțiuni întâmplătoare: *siguranța* (safety \neq security !)

Interesează acțiuni *neautorizate* (dpdv al victimei); nu neapărat ilegale

Ce este securitatea ?

“Security is [...] preventing adverse consequences from the intentional and unwarranted actions of others” [Bruce Schneier, *Beyond Fear*]

“Computer Security deals with the *prevention* and *detection* of *unauthorized* actions by users of a computer system” [D. Gollmann]

Un sistem de securitate *previne* atacuri
posibil și: detecție, recuperare/reparare

Securitatea tratează acțiuni *intenționate*
acțiuni întâmplătoare: *siguranța* (safety \neq security !)

Interesează acțiuni *neautorizate* (dpdv al victimei); nu neapărat ilegale

Implică existența unui *atacator*, care vizează *resurse* (assets)

Cum păstrăm securitatea?

Cunoscând:

detalii tehnice (sisteme de operare, rețele, programare, criptografie)

Cum păstrăm securitatea?

Cunoscând:

detalii tehnice (sisteme de operare, rețele, programare, criptografie)

Gândind:

security mindset [v. Schneier]

ca un atacator (aspecte tehnice și sociale!)

Cum păstrăm securitatea?

Cunoscând:

detalii tehnice (sisteme de operare, rețele, programare, criptografie)

Gândind:

security mindset [v. Schneier]

ca un atacator (aspecte tehnice și sociale!)

Înțelegând:

noțiuni fundamentale: ce trebuie protejat? cum? care sunt atacurile?
principii (de proiectare / construcție): generale, nu neapărat tehnice

Cum evaluăm securitatea?

[B. Schneier, *Beyond Fear*]

1. Ce *resurse* se doresc a fi protejate ?
2. Care sunt *riscurile* la care sunt supuse ?
3. Cat de mult *reduce riscurile* soluția aleasă ?
4. Ce alte riscuri *introduce* soluția aleasă ?
5. Ce *costuri și compromisuri* implică soluția aleasă ?

Obiective de securitate

Confidențialitate

- protejarea (ascunderea) informației sau resurselor
- în mod tipic prin criptografie
 - sau alte mecanisme (nefăcute publice)
- poate fi confidențială chiar *existența*, nu doar *conținutul*
- inclusiv ascunderea resurselor

Integritate

Availability (*disponibilitate*)

Obiective de securitate

confidențialitate

integritate

= încrederea în date sau resurse

– exprimată prin prevenirea modificărilor neautorizate

– distingem:

– integritatea *conținutului* datelor

– integritatea *originii* (autentificare)

Mecanisme legate de integritate:

– mecanisme de *prevenție*

a modificării neautorizate a datelor (ex. din exterior)

a modificării datelor în moduri neautorizate (ex. din interior)

– mecanisme de *detecție*

[M. Bishop: Computer Security: Art and Science, Pearson, 2003]

disponibilitate

Obiective de securitate

confidențialitate

integritate

disponibilitate

= posibilitatea de a folosi o informație sau resursă în modul dorit

– un sistem care nu e disponibil poate fi mai rău ca unul inexistent

– disponibilitatea e analizată de obicei în condițiile unor presupuneri (de ex. statistice) asupra mediului extern

 dacă presupunerile nu sunt satisfăcute, sistemul poate fi compromis

– *denial of service attacks* – pot fi dificil de detectat, dacă se încadrează (parțial) în tiparul statistic permis

Obiective de securitate: alte clasificări

Privacy, **A**vailability-Authentication, **I**ntegrity, **N**on-repudiation

Hexada Parkeriană (Donn Parker, 2002)

confidențialitate,

posesiune/control (importantă și fără a viola confidențialitatea)

integritate

autenticitate (a originii sau autorului)

disponibilitate

utilitate (ex. date convertite în format inutil \neq disponibilitate)

Alte obiective de securitate

[Handbook of Applied Cryptography]

semnătură

autorizare

controlul accesului

marcare temporală / *timestamping*

dovadă / *witnessing* (de altcineva decât originatorul)

confirmare

anonimitate

revocare

trasabilitate / *accountability*

Amenințări (threats)

- confidențialitatea, integritatea, disponibilitatea sunt *servicii* oferite
- discutăm *amenințări* (potențiale) și *atacuri* (reale) asupra serviciilor

Clasificarea amenințărilor [R. Shirey, cf. M. Bishop]

- dezvăluire (disclosure)
- decepție (forțarea acceptării de date false)
- disruption = întreruperea / împiedicarea funcționării corecte
- uzurpare = controlul neautorizat al unei părți a sistemului

Mecanisme de amenintare

Microsoft STRIDE threat model

Spoofing identity - impersonare

Tampering with data - falsificare / atac la integritate

Repudiation - negarea efectuării unei acțiuni

Information disclosure - atac la confidențialitate

Denial of service - atac la disponibilitate

Elevation of privilege - creșterea neautorizată a drepturilor

Mecanisme de amenințare

intercepție (snooping)

caz particular: (passive) wiretapping

modificare / alterare (a datelor) ⇒ decepție

dar și intrerupere / uzurpare (dobândirea controlului)

active wiretapping, man-in-the-middle attack

(modificarea activă a conținutului)

impersonare (masquerading, spoofing)

repudierea originii (e.g. în tranzacții comerciale)

denial of receipt – o formă de decepție

întârzierea – poate fi întrerupere de serviciu, sau chiar uzurpare

denial of service

Principii de proiectare a sistemelor, vizând securitate

[Saltzer & Schroeder: The Protection of Information in Computer Systems, 1975]

- a) *Economy of mechanism*: design cât mai simplu, verificare facilă
⇒ parte integrantă la proiectare, nu adăugate ulterior

Principii de proiectare a sistemelor, vizând securitate

[Saltzer & Schroeder: The Protection of Information in Computer Systems, 1975]

- a) *Economy of mechanism*: design cât mai simplu, verificare facilă
⇒ parte integrantă la proiectare, nu adăugate ulterior

- b) *Fail-safe defaults*: implicit, accesul e interzis + reguli pt. permisiuni
NU invers: implicit permis, reguli de interzicere

Principii de proiectare a sistemelor, vizând securitate

[Saltzer & Schroeder: The Protection of Information in Computer Systems, 1975]

- a) *Economy of mechanism*: design cât mai simplu, verificare facilă
⇒ parte integrantă la proiectare, nu adăugate ulterior
- b) *Fail-safe defaults*: implicit, accesul e interzis + reguli pt. permisiuni
NU invers: implicit permis, reguli de interzicere
- c) *Complete mediation*: orice acces trebuie verificat
(inclusiv cazuri de excepție, mentenanță, etc.)
NU se bazează pe decizii luate/memorate anterior

Principii de proiectare a sistemelor, vizând securitate

[Saltzer & Schroeder: The Protection of Information in Computer Systems, 1975]

- a) *Economy of mechanism*: design cât mai simplu, verificare facilă
⇒ parte integrantă la proiectare, nu adăugate ulterior
- b) *Fail-safe defaults*: implicit, accesul e interzis + reguli pt. permisiuni
NU invers: implicit permis, reguli de interzicere
- c) *Complete mediation*: orice acces trebuie verificat
(inclusiv cazuri de excepție, mentenanță, etc.)
NU se bazează pe decizii luate/memorate anterior
- d) *Open design*: securitatea nu trebuie să se bazeze pe păstrarea secretă a mecanismelor (not: security through obscurity)
⇒ mecanismele pot fi analizate public, pentru creșterea încrederii

Saltzer and Schroeder (cont.)

e) *Separation of privilege*: separarea crește robustețea

Saltzer and Schroeder (cont.)

- e) *Separation of privilege*: separarea crește robustețea
- f) *Least privilege*: fiecare program și utilizator ar trebui să opereze cu setul de privilegii minim necesar pentru sarcina dată

Saltzer and Schroeder (cont.)

- e) *Separation of privilege*: separarea crește robustețea
- f) *Least privilege*: fiecare program și utilizator ar trebui să opereze cu setul de privilegii minim necesar pentru sarcina dată
- g) *Least common mechanism*: minimizați resursele comune, interferența între utilizatori, mecanismele pe care se bazează toți

Saltzer and Schroeder (cont.)

- e) *Separation of privilege*: separarea crește robustețea
- f) *Least privilege*: fiecare program și utilizator ar trebui să opereze cu setul de privilegii minim necesar pentru sarcina dată
- g) *Least common mechanism*: minimizați resursele comune, interferența între utilizatori, mecanismele pe care se bazează toți
- h) *Psychological acceptability*:
să nu interfereze nepotrivit cu activitatea obișnuită
dacă mecanismele nu sunt simple, vor fi utilizate greșit sau ocolite

Saltzer and Schroeder (cont.)

- e) *Separation of privilege*: separarea crește robustețea
- f) *Least privilege*: fiecare program și utilizator ar trebui să opereze cu setul de privilegii minim necesar pentru sarcina dată
- g) *Least common mechanism*: minimizați resursele comune, interferența între utilizatori, mecanismele pe care se bazează toți
- h) *Psychological acceptability*:
să nu interfereze nepotrivit cu activitatea obișnuită
dacă mecanismele nu sunt simple, vor fi utilizate greșit sau ocolite

Suplimentar:

Work factor: comparați efortul necesar cu resursele atacatorului

Compromise recording: în caz de eșec, o alarmă e totuși utilă

Principii de securitate (cont.)

principiul verigii cele mai slabe (weakest link)

este cea care determina securitatea întregului sistem

principiul protecției adecvate

nu securitate maximă, ci utilitate la cost/risc acceptabil

principiul eficienței (v. și acceptabilității):

potrivite, ușor de folosit, pentru a fi folosite (și în plus, corect)

principiul apărării în adâncime (defense in depth)

mai multe nivele de protecție

[Ninghui Li, CS 426: Computer Security, curs, Purdue University]

O taxonomie a incidentelor

- [după J.D. Howard, P. Meunier, in Handbook of Computer Security]
- Principalul obiect de studiu: *eveniment* (incident legat de securitate)
- compus dintr-o *acțiune* executată asupra unei *ținte*
 - acțiunea poate fi executată cu o *unealtă*
 - exploatănd un anumit tip de *vulnerabilitate*
 - cu un anumit *rezultat* (în mod normal neautorizat)

Acțiuni în cadrul unui atac

- “probe”: a accesa o țintă pentru a-i determina anumite caracteristici
- “scan”: accesul sistematic (“probe”) la mai multe ținte
- “flood”: accesul repetat la o țintă pentru a o supraîncărca
- autentificare: prezentarea unei identități pentru verificare și acces ulterior
- circumvenție (bypass): ocolirea unui proces (de control/autorizare) prin folosirea unei metode alternative de a accesa o țintă
- spoof/masquerade: a-și asuma identitatea
- citire
- copiere
- sustragere (luare în posesie și eliminarea originalului)
- modificare
- ștergere

Taxonomie a incidentelor (continuare)

Ținta unei acțiuni:

- entități logice (cont, proces, date)
- entități fizice (componentă, calculator, rețea, ansamblu de rețele)

Atac

- serie de acțiuni (ale unui atacator) împotriva unei ținte
- efectuate *cu intenție*
- pentru a obține un *rezultat neautorizat*

Vulnerabilitate – la nivel de

- proiectare
- implementare
- configurare

Taxonomie a incidentelor (continuare)

Unelte într-un atac:

- atac fizic (furt, distrugere, scoatere din uz)
- schimb de informații (la nivel uman) – *social engineering*
- comandă utilizator (folosind interfață disponibilă, ex. telnet pe port)
- script sau program (tot interfața la nivel de proces, dar automatizat: shell script, troian, program de spart parole)
- agent autonom: acționează independent de utilizator (virus, worm)
- pachet de unelte (toolkit): set de scripturi/programe/agenți, e.g. rootkit
- unealtă distribuită (sisteme multiple, cu atac temporizat coordonat)
- “data tap” – acces direct la date (radiatie electromagnetică, etc.)

Rezultatul unui atac

- acces neautorizat (suplimentar) la un sistem sau o rețea
- dezvăluire de informație (atac la confidențialitate)
- corupere de informație (atac la integritate)
- denial of service (atac la disponibilitate)
- furt de resurse (folosire neautorizată) – caz particular de uzurpare

Securitatea: probleme generale [Schneier]

- moduri de eroare: pasiv vs. activ (nu face vs. face ce nu trebuie)
- pericolul erorilor în cazuri rare
- *security imbalances* – efectul tehnologiilor pe scară largă
- sisteme fragile (brittle) vs. reziliente la erori
- metode de protecție *adaptive* la situații neprevăzute
- monoculturi (sistemelor omogene) – vulnerabile la același atac
e.g. majoritatea covârșitoare a sistemelor rulează Windows...
- securitatea e o problemă umană / socială

Security and Trust

În securitate, facem *afirmații* despre diverse entități.

Aceste afirmații nu sunt *absolute*, se bazează pe anumite *presupuneri*.

⇒ securitatea e o problemă de încredere: în cine și ce putem avea încredere?

Ken Thompson: Reflections on Trusting Trust (Turing Award Lecture '83)
inserarea unui *troian* în programul de login și compilatorul de C
pentru a accepta și o parolă specială, cunoscută de el
prin folosirea de cod care se *autoreproduce*

“You can't trust code that you did not create yourself”

“No amount of source-level verification or scrutiny will prevent you from using untrusted code”

Exemplu: protecția fișierelor în UNIX (recap.)

- fiecare fișier e identificat prin utilizatorul și grupul “proprietar”
- biți separați pentru citire (r), scriere (w), execuție/căutare (x)
- pentru fiecare: proprietar/user (u), grup (g), restul/others (o)

Semnificația pentru *directoare*: mai complicată decât pentru fișiere:

- **r** e necesar pentru `read()`, `readdir()`, `opendir()` \Rightarrow pt. `ls`
- **x** (numit și “search”) e necesar pentru `chdir()` și `stat()` pe un fișier

Permisiuni pentru fișiere în UNIX

Ce permisiuni necesită citirea unui fișier ?

Permisiuni pentru fișiere în UNIX

Ce permisiuni necesită citirea unui fișier ?

x pe toată calea și **r** pe fișier

Permiuni pentru fişiere în UNIX

Ce permisiuni necesită citirea unui fişier ?

x pe toată calea și **r** pe fişier

Ce permisiuni necesită `ls -l fişier?`

Permisiuni pentru fişiere în UNIX

Ce permisiuni necesită citirea unui fişier ?

x pe toată calea și **r** pe fişier

Ce permisiuni necesită `ls -l fişier`?

necesită informații din *inode*, deci **x** pe directorul părinte (plus **x** pe cale); nu depinde de permisiunile pe *fişier*.

dacă *fişier* e un director, comanda listează conținutul (trebuie **r**)
`ls -ld` dă doar informații despre director, deci răspunsul e ca mai sus

Permisiuni pentru fișiere în UNIX

Ce permisiuni necesită citirea unui fișier ?

x pe toată calea și **r** pe fișier

Ce permisiuni necesită `ls -l fișier`?

necesită informații din *inode*, deci **x** pe directorul părinte (plus **x** pe cale); nu depinde de permisiunile pe *fișier*.

dacă *fișier* e un director, comanda listează conținutul (trebuie **r**)
`ls -ld` dă doar informații despre director, deci răspunsul e ca mai sus

Ce permisiuni necesită ștergerea unui fișier ?

Permisiuni pentru fişiere în UNIX

Ce permisiuni necesită citirea unui fişier ?

x pe toată calea și **r** pe fişier

Ce permisiuni necesită `ls -l fişier`?

necesită informații din *inode*, deci **x** pe directorul părinte (plus **x** pe cale); nu depinde de permisiunile pe *fişier*.

dacă *fişier* e un director, comanda listează conținutul (trebuie **r**)
`ls -ld` dă doar informații despre director, deci răspunsul e ca mai sus

Ce permisiuni necesită ștergerea unui fişier ?

w în director, și **x**

Nu necesită **w** pentru fişier!

Permisiuni pentru fișiere în UNIX

Ce permisiuni necesită citirea unui fișier ?

x pe toată calea și **r** pe fișier

Ce permisiuni necesită `ls -l fișier`?

necesită informații din *inode*, deci **x** pe directorul părinte (plus **x** pe cale); nu depinde de permisiunile pe *fișier*.

dacă *fișier* e un director, comanda listează conținutul (trebuie **r**)
`ls -ld` dă doar informații despre director, deci răspunsul e ca mai sus

Ce permisiuni necesită ștergerea unui fișier ?

w în director, și **x**

Nu necesită **w** pentru fișier!

Ce se poate face având **x** pe director dar nu **r** ?

Permisiuni pentru fişiere în UNIX

Ce permisiuni necesită citirea unui fişier ?

x pe toată calea şi **r** pe fişier

Ce permisiuni necesită `ls -l fişier`?

necesită informaţii din *inode*, deci **x** pe directorul părinte (plus **x** pe cale); nu depinde de permisiunile pe *fişier*.

dacă *fişier* e un director, comanda listează conţinutul (trebuie **r**)
`ls -ld` dă doar informaţii despre director, deci răspunsul e ca mai sus

Ce permisiuni necesită ştergerea unui fişier ?

w în director, şi **x**

Nu necesită **w** pentru fişier!

Ce se poate face având **x** pe director dar nu **r** ?

Se poate ajunge la un fişier cunoscut, dar nu se poate căuta un fişier

Permisiuni pentru fişiere în UNIX

Ce permisiuni necesită citirea unui fişier ?

x pe toată calea şi **r** pe fişier

Ce permisiuni necesită `ls -l fişier`?

necesită informaţii din *inode*, deci **x** pe directorul părinte

(plus **x** pe cale); nu depinde de permisiunile pe *fişier*.

dacă *fişier* e un director, comanda listează conţinutul (trebuie **r**)

`ls -ld` dă doar informaţii despre director, deci răspunsul e ca mai sus

Ce permisiuni necesită ştergerea unui fişier ?

w în director, şi **x**

Nu necesită **w** pentru fişier!

Ce se poate face având **x** pe director dar nu **r** ?

Se poate ajunge la un fişier cunoscut, dar nu se poate căuta un fişier

– biţi speciali:

– sticky bit: pt. director: fişierul poate fi şters doar de proprietar

– set user ID: execută având ca ID *efectiv* utilizator proprietarul fişierului

– set group ID: execută având ca ID *efectiv* de grup grupul fişierului