



Welcome to

# Penetration testing III

## Wireless sikkerhed

Henrik Lund Kramshøj [hk@zencurity.dk](mailto:hk@zencurity.dk)

Slides are available as PDF, [kramshoej@Github](https://github.com/kramshoej)



## Don't Panic!

At vise de sikkerhedsmæssige aspekter af trådløse netværk

At inspirere jer til at implementere trådløse netværk sikkert

At fortælle jer om nogle af mulighederne for sikring af de trådløse netværk

# Planen idag



KI 17-21

Mindre foredrag mere snak

Mindre enetale, mere foredrag 2.0 med socialt medie, informationsdeling og interaktion

# Hacker - cracker



## Det korte svar - drop diskussionen

Det havde oprindeligt en anden betydning, men medierne har taget udtrykket til sig - og idag har det begge betydninger.

**Idag er en hacker stadig en der bryder ind i systemer!**

ref. Spafford, Cheswick, Garfinkel, Stoll, ... - alle kendte navne indenfor sikkerhed

Hvis man vil vide mere kan man starte med:

- *Cuckoo's Egg: Tracking a Spy Through the Maze of Computer Espionage*, Clifford Stoll
- *Hackers: Heroes of the Computer Revolution*, Steven Levy
- *Practical Unix and Internet Security*, Simson Garfinkel, Gene Spafford, Alan Schwartz

# Definition af hacking, oprindeligt



Eric Raymond, der vedligeholder en ordbog over computer-slang (The Jargon File) har blandt andet følgende forklaringer på ordet hacker:

- En person, der nyder at undersøge detaljer i programmerbare systemer og hvordan man udvider deres anvendelsesmuligheder i modsætning til de fleste brugere, der bare lærer det mest nødvendige
- En som programmerer lidenskabeligt (eller enddog fanatisk) eller en der foretrækker at programmere fremfor at teoretiserer om det
- En ekspert i et bestemt program eller en der ofter arbejder med eller på det; som i "en Unixhacker".

Source: Peter Makholm, <http://hacking.dk>

Benyttes stadig i visse sammenhænge se <http://labitat.dk>



**Straffelovens paragraf 263 Stk. 2. Med bøde eller fængsel indtil 6 måneder straffes den, som uberettiget skaffer sig adgang til en andens oplysninger eller programmer, der er bestemt til at bruges i et anlæg til elektronisk databehandling.**

Hacking kan betyde:

- At man skal betale erstatning til personer eller virksomheder
- At man får konfiskeret sit udstyr af politiet
- At man, hvis man er over 15 år og bliver dømt for hacking, kan få en bøde - eller fængselsstraf i alvorlige tilfælde
- At man, hvis man er over 15 år og bliver dømt for hacking, får en plettet straffeattest. Det kan give problemer, hvis man skal finde et job eller hvis man skal rejse til visse lande, fx USA og Australien
- Frit efter: <http://www.stophacking.dk> lavet af Det Kriminalpræventive Råd
- Frygten for terror har forstærket ovenstående - så lad være!

Er trådløst interessant?



## wireless 802.11



Wireless er lækkert

Wireless er nemt

Wireless er praktisk

Alle nye bærbare leveres med wireless kort

Jeg bruger selv næsten udelukkende wireless på min laptop

# Hacking er magi



Hacking ligner indimellem magi

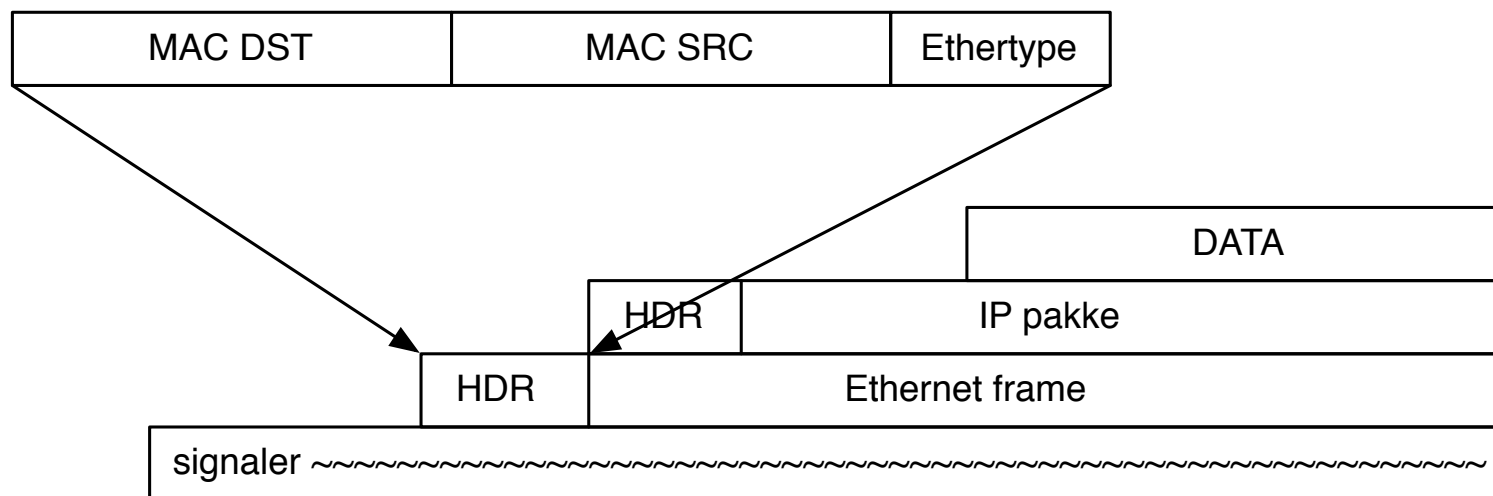


# Hacking er ikke magi



Hacking kræver blot lidt ninja-træning

# Hacking eksempel - det er ikke magi



MAC filtrering på trådløse netværk - Alle netkort har en MAC fra fabrikken

Kun godkendte kort tillades adgang til netværket

Netkort tillader at man overskriver denne adresse midlertidigt

MAC adressen på kortene er med i alle pakker der sendes

MAC adressen er aldrig krypteret, for hvordan skulle pakken så nå frem?

# Myten om MAC filtrering



Eksemplet med MAC filtrering er en af de mange myter

Hvorfor sker det?

- Marketing - producenterne sætter store mærkater på æskerne
- Manglende indsigt - forbrugerne kender reelt ikke koncepterne
- Hvad *er* en MAC adresse egentlig
- Relativt få har forudsætningerne for at gennemskue dårlig sikkerhed

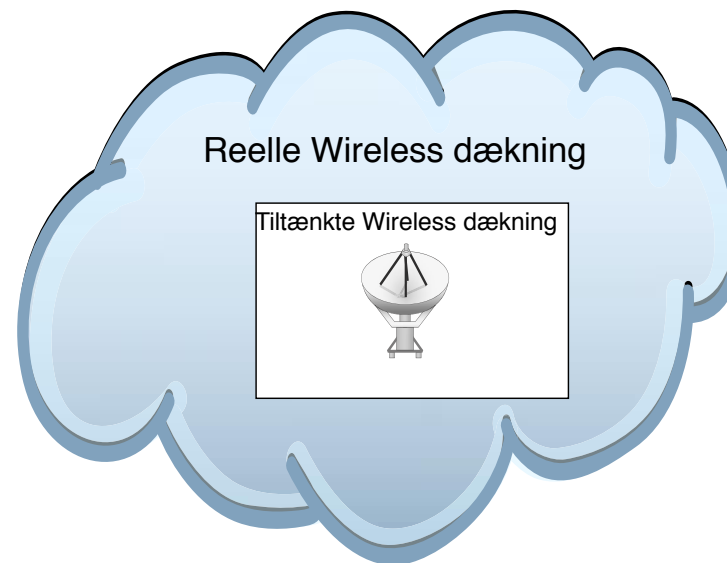
Løsninger? ■

- Udbrede viden om usikre metoder til at sikre data og computere
- Udbrede viden om sikre metoder til at sikre data og computere

# MAC filtering



# Konsekvenserne



- Værre end Internetangreb - anonymt
- Kræver ikke fysisk adgang til lokationer
- Konsekvenserne ved sikkerhedsbrud er generelt større
- Typisk får man direkte LAN eller Internet adgang!

# IEEE 802.11 Security fast forward



**In 2001**, a group from the University of California, Berkeley presented a paper describing weaknesses in the 802.11 Wired Equivalent Privacy (WEP) security mechanism defined in the original standard; they were followed by **Fluhrer, Mantin, and Shamir's** paper titled "Weaknesses in the Key Scheduling Algorithm of RC4". Not long after, Adam Stubblefield and AT&T publicly announced the first **verification of the attack**. In the attack, they were able to intercept transmissions and gain unauthorized access to wireless networks.

**Source:** [http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)

# IEEE 802.11 Security fast forward



The IEEE set up a dedicated task group to create a replacement security solution, **802.11i** (previously this work was handled as part of a broader 802.11e effort to enhance the MAC layer). The Wi-Fi Alliance announced an **interim specification called Wi-Fi Protected Access (WPA)** based on a subset of the then current IEEE 802.11i draft. These started to appear in products in **mid-2003**. **IEEE 802.11i (also known as WPA2)** itself was ratified in **June 2004**, and uses government strength encryption in the **Advanced Encryption Standard AES**, instead of RC4, which was used in WEP. The modern recommended encryption for the home/consumer space is **WPA2 (AES Pre-Shared Key)** and for the **Enterprise space is WPA2 along with a RADIUS authentication server** (or another type of authentication server) and a strong authentication method such as EAP-TLS.

Source: [http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)

# IEEE 802.11 Security fast forward



In January 2005, the IEEE set up yet another task group "w" to protect management and broadcast frames, which previously were sent unsecured. Its standard was published in 2009.[24]

In **December 2011**, a security flaw was revealed that affects wireless routers with the **optional Wi-Fi Protected Setup (WPS)** feature. While WPS is not a part of 802.11, **the flaw allows a remote attacker to recover the WPS PIN and, with it, the router's 802.11i password in a few hours.**

WPS WTF?! - det er som om folk bevidst saboterer wireless sikkerhed!

**Source:** [http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)





Introduktion - begreber og teknologierne

Basal konfiguration af trådløst IEEE802.11 - wardriving

Hacking af trådløse netværk - portscanning, exploits

Sikkerhedsteknologier i 802.11b - WEP, forkortes, men stadig relevant

Sikkerhedsteknologier i 802.11i - WPA, WPA2

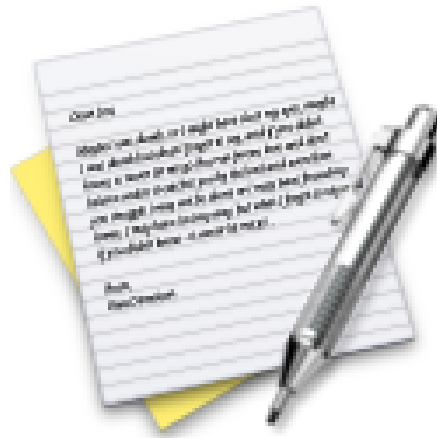
airodump og aircrack-ng

Packet injection med wireless værktøjer

Infrastrukturændringer, segmentering og firewall konfiguration

## Husk: trådløs sikkerhed er ikke kun kryptering

# Øvelse: Check infrastrukturen

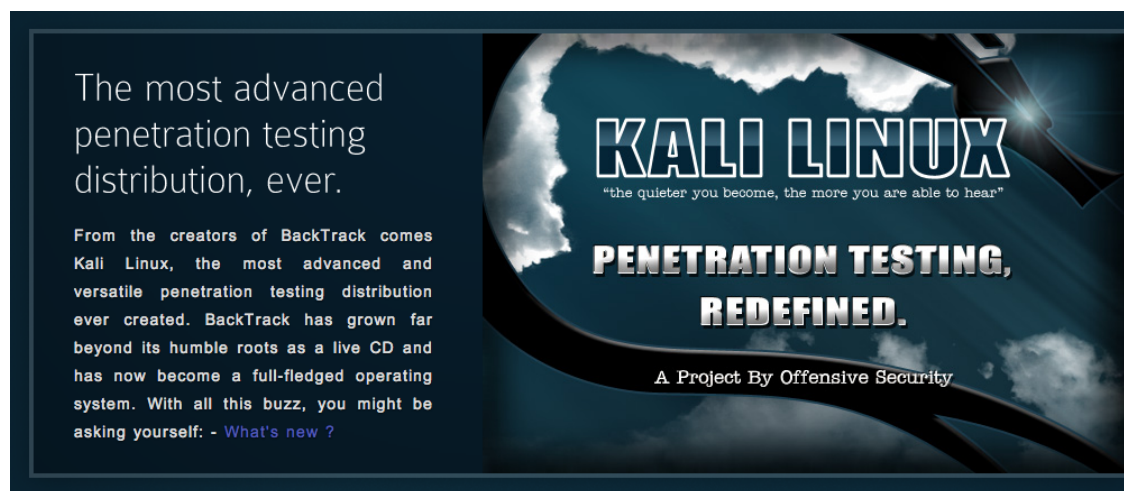


PC med strøm?

Wireless netværk adgang til internet og LAN/WLAN

Virtualiseringssoftware

Kali VM - afprøvet med netværk NAT og bridge mode



Alle bruger nogenlunde de samme værktøjer, måske forskellige mærker

- Wirelessscanner - Kali og Airodump
- Wireless Injection - aireplay-ng
- Aircrack-ng pakken generelt

Kali <http://www.kali.org/>

# Konsulentens udstyr wireless, eksempel kort



Varenummer: 2225730

**TP-Link TL-WN722N**

Hi-Speed USB - 802.11b, 802.11g, 802.11n

**På lager, 1-2 dages levering**  
( Billigste fragt: 0 kr. )  
Ret land

**Køb** **120,00 kr.**  
(96,00 kr.)

4 stk på lager i Århus  
0 stk på lager i Viborg  
0 stk på lager i København

Laptop or Netbook, I typically use USB wireless cards

**NB: de indbyggede er ofte ringe til wifi pentest - så check før køb ;-)**

Access Points - get a small selection for testing

Books:

- Kali Linux Wireless Penetration Testing: Beginner's Guide Beginner's Guide, Vivek Ramachandran, Cameron Buchanan, March 2015  
Also checkout his home page <http://www.vivekramachandran.com/>

# Kali Nethunter



- **802.11 Wireless Injection** and **AP mode** support with multiple supported USB wifi cards.
- Capable of running **USB HID Keyboard attacks**, much like the **Teensy** device is able to do.
- **Supports BadUSB MITM attacks**. Plug in your Nethunter to a victim PC, and have your traffic relayed through it.
- Contains a **full Kali Linux toolset**, with many tools available via a simple menu system.
- **USB Y-cable support** in the Nethunter kernel – use your OTG cable while still charging your Nexus device!
- **Software Defined Radio support**. Use **Kali Nethunter** with your HackRF to explore the wireless radio space.

**Source:** <https://www.kali.org/kali-linux-nethunter/>



Der benyttes en del værktøjer:

- Nmap, Nping - tester porte, godt til firewall admins <http://nmap.org>
- Metasploit Framework gratis på <http://www.metasploit.com/>
- Wireshark avanceret netværkssniffer - <http://http://www.wireshark.org/>
- Kismet <http://www.kismetwireless.net/>
- Aircrack-ng set of tools <http://www.aircrack-ng.org/>
- Pyrit GPU cracker <http://code.google.com/p/pyrit/>
- Reaver brute force WPS <https://code.google.com/p/reaver-wps/>

# Hvad skal der ske?



Tænk som en hacker

## Rekognoscering

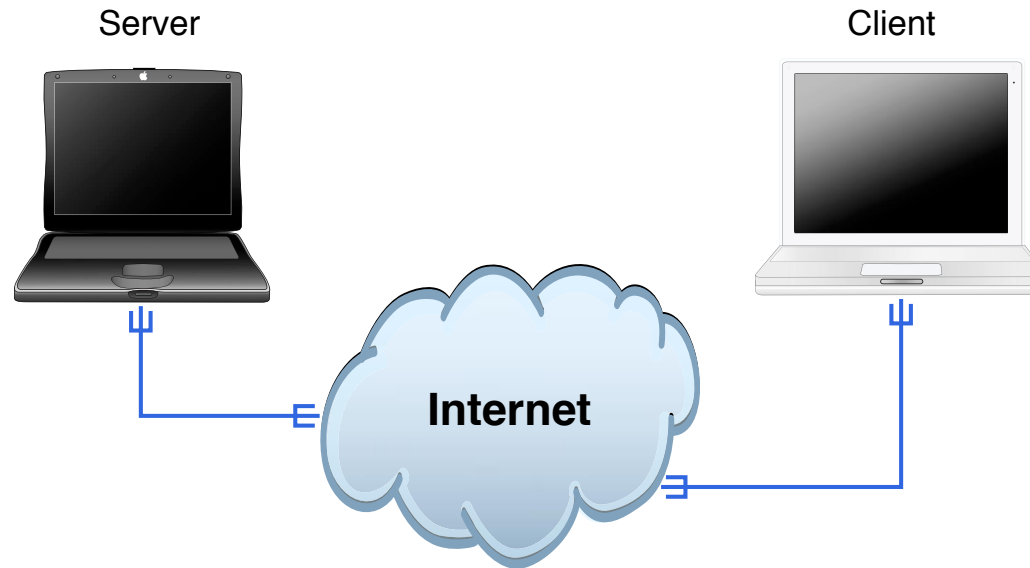
- ping sweep, port scan
- OS detection - TCP/IP eller banner grab
- Servicescan - rpcinfo, netbios, ...
- telnet/netcat interaktion med services

Udnyttelse/afprøvning: Nessus, nikto, exploit programs

Oprydning/hærdning vises måske ikke, men I bør i praksis:

## Vi går idag kun efter wireless

# Internet idag og trådløse netværk



Klienter og servere

Rødder i akademiske miljøer

Protokoller der er op til 20 år gamle

Meget lidt kryptering, mest på http til brug ved e-handel



# OSI og Internet modellerne



OSI Reference Model

|              |
|--------------|
| Application  |
| Presentation |
| Session      |
| Transport    |
| Network      |
| Link         |
| Physical     |

Internet protocol suite

|   |                  |
|---|------------------|
| Applications<br><br>HTTP, SMTP,<br>FTP, SNMP, | NFS              |
|   | XDR              |
|   | RPC              |
| TCP UDP                                       |                  |
| IPv4  | IPv6 ICMPv6 ICMP |
| ARP RARP                                      |                  |
| MAC   |                  |
| Ethernet token-ring ATM ...                   |                  |

# Trådløse teknologier IEEE802.11



802.11 er arbejdsgruppen under IEEE

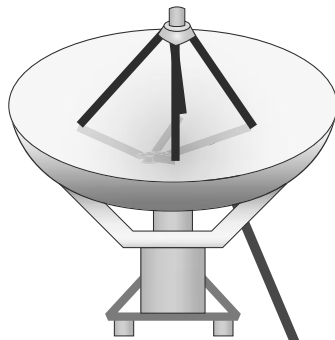
De mest kendte standarder idag indenfor trådløse teknologier:

- 802.11b 11Mbps versionen
- 802.11g 54Mbps versionen
- 802.11n endnu hurtigere
- 802.11i Security enhancements

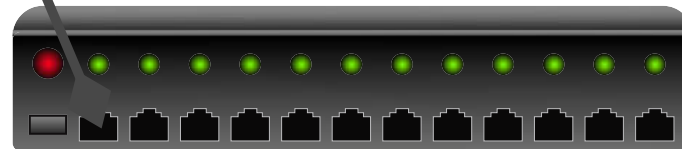
Vi holder os til sikkerhed, vi er ikke radiospecialister 😊

**Source:** [http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)

<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/index.html>



## Wireless Access Point



**netværket - typisk Ethernet**

et access point - forbindes til netværket

# Basal konfiguration

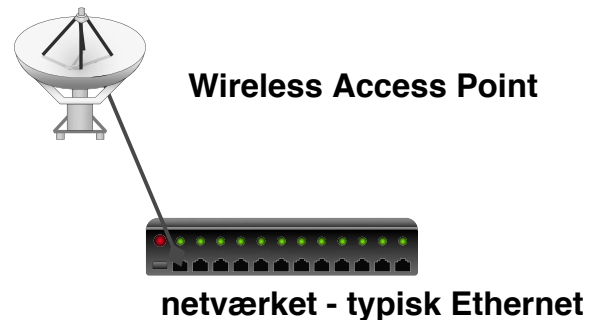


Når man tager fat på udstyr til trådløse netværk opdager man:

SSID - nettet skal have et navn

frekvens / kanal - man skal vælge en kanal, eller udstyret vælger en automatisk  
der er nogle forskellige metoder til sikkerhed

# Wireless networking sikkerhed i 802.11b



Sikkerheden er baseret på nogle få forudsætninger

- SSID - netnavnet
- WEP *kryptering* - Wired Equivalent Privacy
- WPA kryptering - Wi-Fi Protected Access
- måske MAC flitrering, kun bestemte kort må tilgå accesspoint

Til gengæld er disse forudsætninger ofte ikke tilstrækkelige ...

- WEP er nem at knække, lad helt være med at bruge WEP
- WPA PSK er baseret på en DELT hemmelighed som alle stationer kender
- nøglen ændres sjældent, og det er svært at distribuere en ny

# SSID - netnavnet



Service Set Identifier (SSID) - netnavnet

32 ASCII tegn eller 64 hexadecimale cifre

Udstyr leveres typisk med et standard netnavn

- Cisco - tsunami
- Linksys udstyr - linksys
- Apple Airport, 3Com m.fl. - det er nemt at genkende dem

SSID kaldes også for NWID - network id

SSID broadcast - udstyr leveres oftest med broadcast af SSID

SSID broadcast skal ikke slås fra, SSID *broadcastes* af alle der kommer på netværket

# Demo: wardriving med airodump-ng



| SSID         | MAC               | Channel | Signal | Noise | Network type | Vendor        | WEP |
|--------------|-------------------|---------|--------|-------|--------------|---------------|-----|
| tech         | 00:40:96:54:43:9F | 6       | 25     | 4     | Managed      | Cisco-Aironet | No  |
| trainingroom | 00:40:96:57:53:53 | 6       | 21     | 4     | Managed      | Cisco-Aironet | No  |
| svcc         | 00:40:96:57:FE:39 | 6       | 12     | 4     | Managed      | Cisco-Aironet | No  |

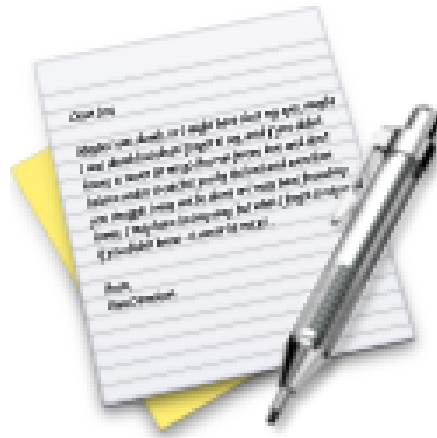
| SSID         | MAC               | Channel | Network type | Vendor        | WEP | Last Seen                                 |
|--------------|-------------------|---------|--------------|---------------|-----|---|
| trainingroom | 00:40:96:57:53:53 | 6       | Managed      | Cisco-Aironet | No  | Tuesday, May 07, 2002 14:54:07 US/Pacific |
| svcc         | 00:40:96:57:FE:39 | 6       | Managed      | Cisco-Aironet | No  | Tuesday, May 07, 2002 14:54:07 US/Pacific |
| linksys      | 00:04:5A:0E:1D:79 | 10      | Managed      | Linksys       | No  | Tuesday, May 07, 2002 14:53:58 US/Pacific |
| tech         | 00:40:96:54:43:9F | 6       | Managed      | Cisco-Aironet | No  | Tuesday, May 07, 2002 14:54:07 US/Pacific |
| svcc         | 00:40:96:57:74:27 | 6       | Managed      | Cisco-Aironet | No  | Tuesday, May 07, 2002 14:54:02 US/Pacific |
| svcc         | 00:40:96:55:25:34 | 6       | Managed      | Cisco-Aironet | No  | Tuesday, May 07, 2002 14:54:01 US/Pacific |
| linksys      | 00:06:25:51:6F:96 | 6       | Managed      | unknown       | No  | Tuesdav. May 07, 2002 14:49:33 US/Pacific |

Save... Status: Scanning...

man tager et trådløst netkort og en bærbar computer og noget software:

- Tidligere brugte man diverse "stumbler", som MacStumbler eller Kismet
- Idag bruger vi Airodump-ng fra [Aircrack-ng.org/Kali](http://Aircrack-ng.org/Kali)

# Øvelse: airodump-ng



Vi afprøver nu airodump-ng

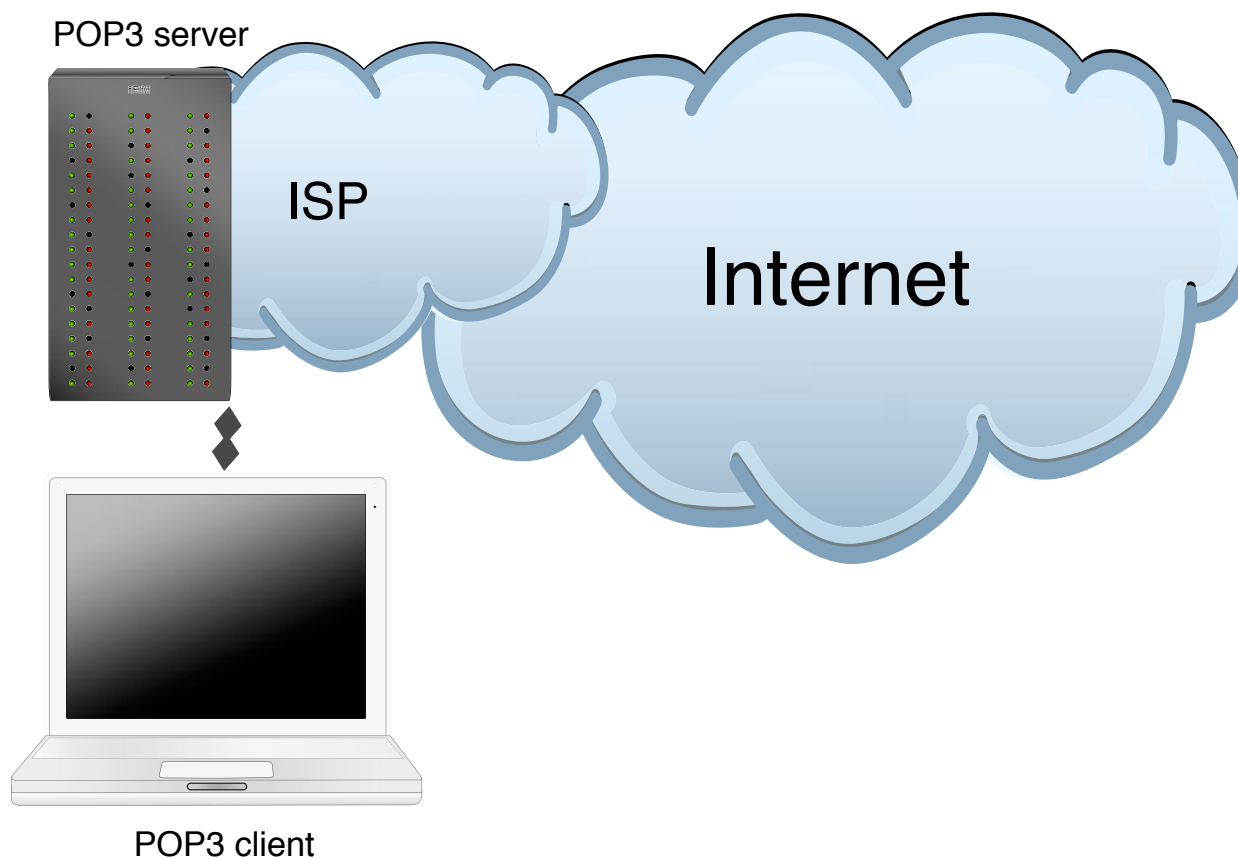
Lån eller køb et netkort, hvis jeg har flere

Brug dele af guiden

[http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=simple\\_wep\\_crack](http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=simple_wep_crack)

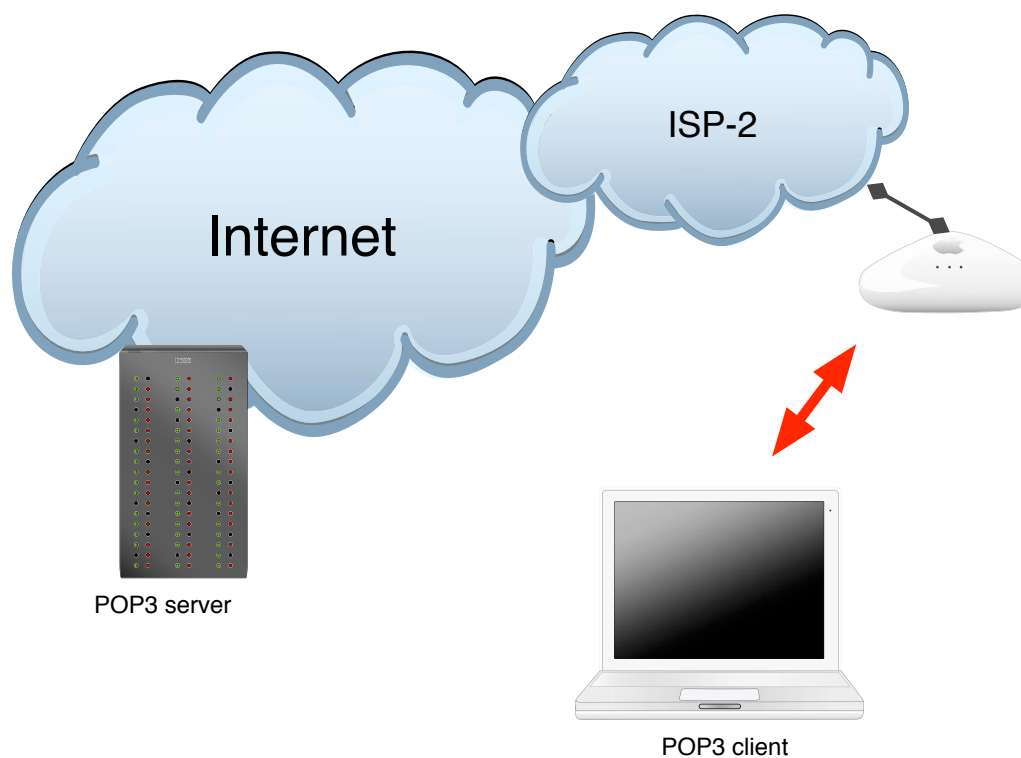


# POP3 i Danmark



Man har tillid til sin ISP - der administrerer såvel net som server

# POP3 i Danmark - trådløst



Har man tillid til andre ISP'er? Alle ISP'er?

Deler man et netværksmedium med andre?

# POP3 netværk, demo



```
root@hlk: /home/hlk
[root@hlk hlk]# dsniff
dsniff: listening on fxp0
-----
05/20/03 08:53:38 tcp client.49154 -> server.110 (pop)
USER hlk
PASS secr3t!
-----
05/20/03 08:54:11 tcp client.49155 -> server.23 (telnet)
[poppe]

hlk
secr3t!
ls
exit
-----
05/20/03 08:55:33 tcp client.49156 -> server.23 (telnet)
[poppe]

an.ja
an.jnaan.ja
an.ja
```

Dsniff screenshot, vi viser måske tilsvarende i Wireshark

Dsniff er et godt demo program til arpspoofing mv., Ettercap er mere moderne

# WEP kryptering



WEP *kryptering* - med nøgler der specificeres som tekst eller hexadecimale cifre  
typisk 40-bit, svarende til 5 ASCII tegn eller 10 hexadecimale cifre eller 104-bit 13 ASCII tegn eller 26 hexadecimale cifre

WEP er baseret på RC4 algoritmen der er en *stream cipher* lavet af Ron Rivest for RSA Data Security

# De første fejl ved WEP



Oprindeligt en dårlig implementation i mange Access Points

Fejl i krypteringen - rettet i nyere firmware

WEP er baseret på en DELT hemmelighed som alle stationer kender

Nøglen ændres sjældent, og det er svært at distribuere en ny

# WEP som sikkerhed



WEP er *ok* til et privat hjemmenetværk

WEP er for simpel til et større netværk - eksempelvis 20 brugere

Firmaer bør efter min mening bruge andre sikkerhedsforanstaltninger

Hvordan udelukker man en bestemt bruger?

# Cryptography



Cryptography or cryptology is the practice and study of techniques for secure communication

Modern cryptography is heavily based on mathematical theory and computer science practice; cryptographic algorithms are designed around computational hardness assumptions, making such algorithms hard to break in practice by any adversary

Symmetric-key cryptography refers to encryption methods in which both the sender and receiver share the same key, to ensure confidentiality, example algorithm AES

Public-key cryptography (like RSA) uses two related keys, a key pair of a public key and a private key. This allows for easier key exchanges, and can provide confidentiality, and methods for signatures and other services

**Source:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Cryptography>

# Kryptografiske principper



Algoritmerne er kendte

Nøglerne er hemmelige

Nøgler har en vis levetid - de skal skiftes ofte

Et succesfuldt angreb på en krypto-algoritme er enhver genvej som kræver mindre arbejde end en gennemgang af alle nøglerne

Nye algoritmer, programmer, protokoller m.v. skal gennemgås nøje!

Se evt. Snake Oil Warning Signs: Encryption Software to Avoid

<http://www.interhack.net/people/cmcurtin/snake-oil-faq.html>





## AES

Advanced Encryption Standard

DES kryptering baseret på den IBM udviklede Lucifer algoritme har været benyttet gennem mange år

Der blev i 2001 vedtaget en ny standard algoritme Advanced Encryption Standard (AES) som afløser Data Encryption Standard (DES)

Algoritmen hedder Rijndael og er udviklet af Joan Daemen og Vincent Rijmen.

Se også [https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced\\_Encryption\\_Standard](https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Encryption_Standard)



kryptering er den eneste måde at sikre:

fortrolighed

autenticitet / integritet

# WEP sikkerhed



AirSnort Homepage



AirSnort is a wireless LAN (WLAN) tool which recovers encryption keys. AirSnort operates by passively monitoring transmissions, computing the encryption key when enough packets have been gathered.

802.11b, using the Wired Equivalent Protocol (WEP), is crippled with numerous security flaws. Most damning of these is the weakness described in "Weaknesses in the Key Scheduling Algorithm of RC4 "by Scott Fluhrer, Itsik Mantin and Adi Shamir. Adam Stubblefield was the first to implement this attack, but he has not made his software public. AirSnort, along with WEPCrack, which was released about the same time as AirSnort, are the first publicly available implementations of this attack. <http://airsnort.shmoo.com/>

# major cryptographic errors



weak keying - 24 bit er allerede kendt - 128-bit = 104 bit i praksis

small IV - med kun 24 bit vil hver IV blive genbrugt oftere

CRC-32 som integritetscheck er ikke *stærkt* nok kryptografisk set

Authentication gives pad - giver fuld adgang - hvis der bare opdages *encryption pad* for en bestemt IV. Denne IV kan så bruges til al fremtidig kommunikation

Source: *Secure Coding: Principles and Practices*, Mark G. Graff og Kenneth R. van Wyk, O'Reilly, 2003

# Konklusion: Kryptografi er svært



**STANFORD**  
UNIVERSITY

Cryptography

**Enroll / Login Now**  
Enroll in this online class for free  
with a Coursera account

**Professor Dan Boneh**  
Computer Science Department  
Stanford University

Åbent kursus på Stanford

<http://crypto-class.org/>

# WEP cracking - airodump og aircrack



airodump - opsamling af krypterede pakker

aircrack - statistisk analyse og forsøg på at finde WEP nøglen

Med disse værktøjer er det muligt at knække *128-bit nøgler*!

Blandt andet fordi det reelt er 104-bit nøgler 😊

Links:

Tutorial: Simple WEP Crack

[http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=simple\\_wep\\_crack](http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=simple_wep_crack)

# airodump opsamling



| BSSID             | CH | MB | ENC | PWR | Packets       | LAN IP / # IVs | ESSID  |
|-------------------|----|----|-----|-----|---------------|----------------|--------|
| 00:03:93:ED:DD:8D | 6  | 11 |     | 209 | <b>801963</b> | <b>540180</b>  | wanlan |

Når airodump kører opsamles pakkerne

Lås airodump fast til een kanal, -c eller --channel

Startes med airmon og kan skrive til capture filer:

```
airmon-ng start wlan0
```

```
airodump-ng --channel 6 --write testfil wlan0mon
```

# aircrack - WEP cracker



```
$ aircrack -n 128 -f 2 aftendump-128.cap
aircrack 2.1
* Got 540196! unique IVs | fudge factor = 2
* Elapsed time [00:00:22] | tried 12 keys at 32 k/m
```

| KB | depth | votes  |
|----|-------|--|
| 0  | 0/ 1  | CE( 45) A1( 20) 7E( 15) 98( 15) 72( 12) 82( 12)  |
| 1  | 0/ 2  | 62( 43) 1D( 24) 29( 15) 67( 13) 94( 13) F7( 13)  |
| 2  | 0/ 1  | B6( 499) E7( 18) 8F( 15) 14( 13) 1D( 12) E5( 10) |
| 3  | 0/ 1  | 4E( 157) EE( 40) 29( 39) 15( 30) 7D( 28) 61( 20) |
| 4  | 0/ 1  | 93( 136) B1( 28) 0C( 15) 28( 15) 76( 15) D6( 15) |
| 5  | 0/ 2  | E1( 75) CC( 45) 39( 31) 3B( 30) 4F( 16) 49( 13)  |
| 6  | 0/ 2  | 3B( 65) 51( 42) 2D( 24) 14( 21) 5E( 15) FC( 15)  |
| 7  | 0/ 2  | 6A( 144) 0C( 96) CF( 34) 14( 33) 16( 33) 18( 27) |
| 8  | 0/ 1  | 3A( 152) 73( 41) 97( 35) 57( 28) 5A( 27) 9D( 27) |
| 9  | 0/ 1  | F1( 93) 2D( 45) 51( 29) 57( 27) 59( 27) 16( 26)  |
| 10 | 2/ 3  | 5B( 40) 53( 30) 59( 24) 2D( 15) 67( 15) 71( 12)  |
| 11 | 0/ 2  | F5( 53) C6( 51) F0( 21) FB( 21) 17( 15) 77( 15)  |
| 12 | 0/ 2  | E6( 88) F7( 81) D3( 36) E2( 32) E1( 29) D8( 27)  |

**KEY FOUND! [ CE62B64E93E13B6A3AF15BF5E6 ]**



# Hvor lang tid tager det?



Opsamling a data - ca. en halv time på 802.11b ved optimale forhold

Tiden for kørsel af aircrack fra auditor CD på en Dell CPi 366MHz Pentium II laptop:

```
$ time aircrack -n 128 -f 2 aftendump-128.cap
...
real      5m44.180s    user    0m5.902s      sys    1m42.745s
```



Tiden for kørsel af aircrack på en VIA CL-10000 1GHz CPU med almindelig disk  
OpenBSD:

```
25.12s real      0.63s user      2.14s system
```

**For 10 år siden :-P**

# Erstatning for WEP - WPA



Det anbefales at bruge:

Kendte VPN teknologier eller WPA

baseret på troværdige algoritmer

implementeret i professionelt udstyr

fra troværdige leverandører

udstyr der vedligeholdes og opdateres

Man kan måske endda bruge de eksisterende løsninger - fra hjemmepc adgang, mobil adgang m.v.

# RADIUS



RADIUS er en protokol til autentificering af brugere op mod en fælles server

Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)

RADIUS er beskrevet i RFC-2865

RADIUS kan være en fordel i større netværk med

- dial-in
- administration af netværksudstyr
- trådløse netværk
- andre RADIUS kompatible applikationer

# Erstatninger for WEP



Der findes idag andre metoder til sikring af trådløse netværk

802.1x Port Based Network Access Control

WPA - Wi-Fi Protected Access)

WPA = 802.1X + EAP + TKIP + MIC

nu WPA2

WPA2 = 802.1X + EAP + CCMP

WPA2 is based on the final IEEE 802.11i amendment to the 802.11 standard and is eligible for FIPS 140-2 compliance.

Source: [http://www.wifialliance.org/OpenSection/protected\\_access.asp](http://www.wifialliance.org/OpenSection/protected_access.asp)

# WPA eller WPA2?



WPA2 is based upon the Institute for Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802.11i amendment to the 802.11 standard, which was ratified on July 29, 2004.

Q: How are WPA and WPA2 similar?

A: Both WPA and WPA2 offer a high level of assurance for end-users and network administrators that their data will remain private and access to their network restricted to authorized users. Both utilize 802.1X and Extensible Authentication Protocol (EAP) for authentication. Both have Personal and Enterprise modes of operation that meet the distinct needs of the two different consumer and enterprise market segments.

Q: How are WPA and WPA2 different?

A: WPA2 provides a **stronger encryption mechanism** through **Advanced Encryption Standard (AES)**, which is a requirement for some corporate and government users.

Source: <http://www.wifialliance.org> WPA2 Q and A

# WPA Personal eller Enterprise



Personal - en delt hemmelighed, preshared key

Enterprise - brugere valideres op mod fælles server

Hvorfor er det bedre?

- Flere valgmuligheder - passer til store og små
  - WPA skifter den faktiske krypteringsnøgle jævnligt - TKIP
  - Initialisationsvektoren (IV) fordobles 24 til 48 bit
  - Imødekommer alle kendte problemer med WEP!
  - Integrerer godt med andre teknologier - RADIUS
- 
- EAP - Extensible Authentication Protocol - individuel autentifikation
  - TKIP - WPA Temporal Key Integrity Protocol - nøgleskift og integritet
  - MIC - Message Integrity Code - Michael, ny algoritme til integritet
  - CCMP - WPA2 AES / Counter Mode CBC-MAC Protocol

# WPA cracking



Nu skifter vi så til WPA og alt er vel så godt? ■

Desværre ikke!

Du skal vælge en laaaaang passphrase

Hvis koden til wifi er for kort kan man sniffe WPA handshake når en computer går ind på netværket, og knække den!

Med et handshake kan man med aircrack igen lave off-line bruteforce angreb!

# WPA cracking demo



Vi konfigurerer AP med Henrik42 som WPA-PSK/passhrase

Vi finder netværk med airodump

Vi starter airodump mod specifik kanal

Vi spoofer deauth og opsamler WPA handshake

Vi knækker WPA :-)

Brug manualsiderne for programmerne i aircrack-ng pakken!



# WPA cracking med aircrack - start



```
# aircrack-ng -w dict wlan-test.cap
Opening wlan-test.cap
Read 1082 packets.
```

| # | BSSID             | ESSID | Encryption           |
|---|-------------------|-------|----------------------|
| 1 | 00:11:24:0C:DF:97 | wlan  | WPA (1 handshake)    |
| 2 | 00:13:5F:26:68:D0 | Noea  | No data - WEP or WPA |
| 3 | 00:13:5F:26:64:80 | Noea  | No data - WEP or WPA |
| 4 | 00:00:00:00:00:00 |       | Unknown              |

Index number of target network ? **1**

Aircrack-ng er en god måde at checke om der er et handshake i filen

# WPA cracking med aircrack - start



```
[00:00:00] 0 keys tested (0.00 k/s)
```

```
KEY FOUND! [ Henrik42 ]
```

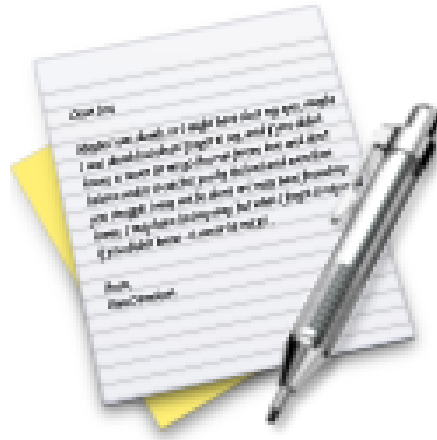
```
Master Key      : 8E 61 AB A2 C5 25 4D 3F 4B 33 E6 AD 2D 55 6F 76
                  6E 88 AC DA EF A3 DE 30 AF D8 99 DB F5 8F 4D BD
Transcient Key  : C5 BB 27 DE EA 34 8F E4 81 E7 AA 52 C7 B4 F4 56
                  F2 FC 30 B4 66 99 26 35 08 52 98 26 AE 49 5E D7
                  9F 28 98 AF 02 CA 29 8A 53 11 EB 24 0C B0 1A 0D
                  64 75 72 BF 8D AA 17 8B 9D 94 A9 31 DC FB 0C ED

EAPOL HMAC      : 27 4E 6D 90 55 8F 0C EB E1 AE C8 93 E6 AC A5 1F
```

Min gamle Thinkpad X31 med 1.6GHz Pentium M knækker ca. 150 Keys/sekund

En mere moderne CPU kommer stadig ikke særligt højt, med WPA cracking, Hint: GPU

# Øvelse: aircrack-ng WPA



Vi afprøver nu aircrack-ng

Lån eller køb et netkort, hvis jeg har flere

Brug dele af tutorials fra

<http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=tutorial>

**Specielt** [http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=cracking\\_wpa](http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=cracking_wpa)

**NB:** der er formentlig ingen grund til at lave de-auth, men prøv gerne inject!

# WPA cracking med Pyrit



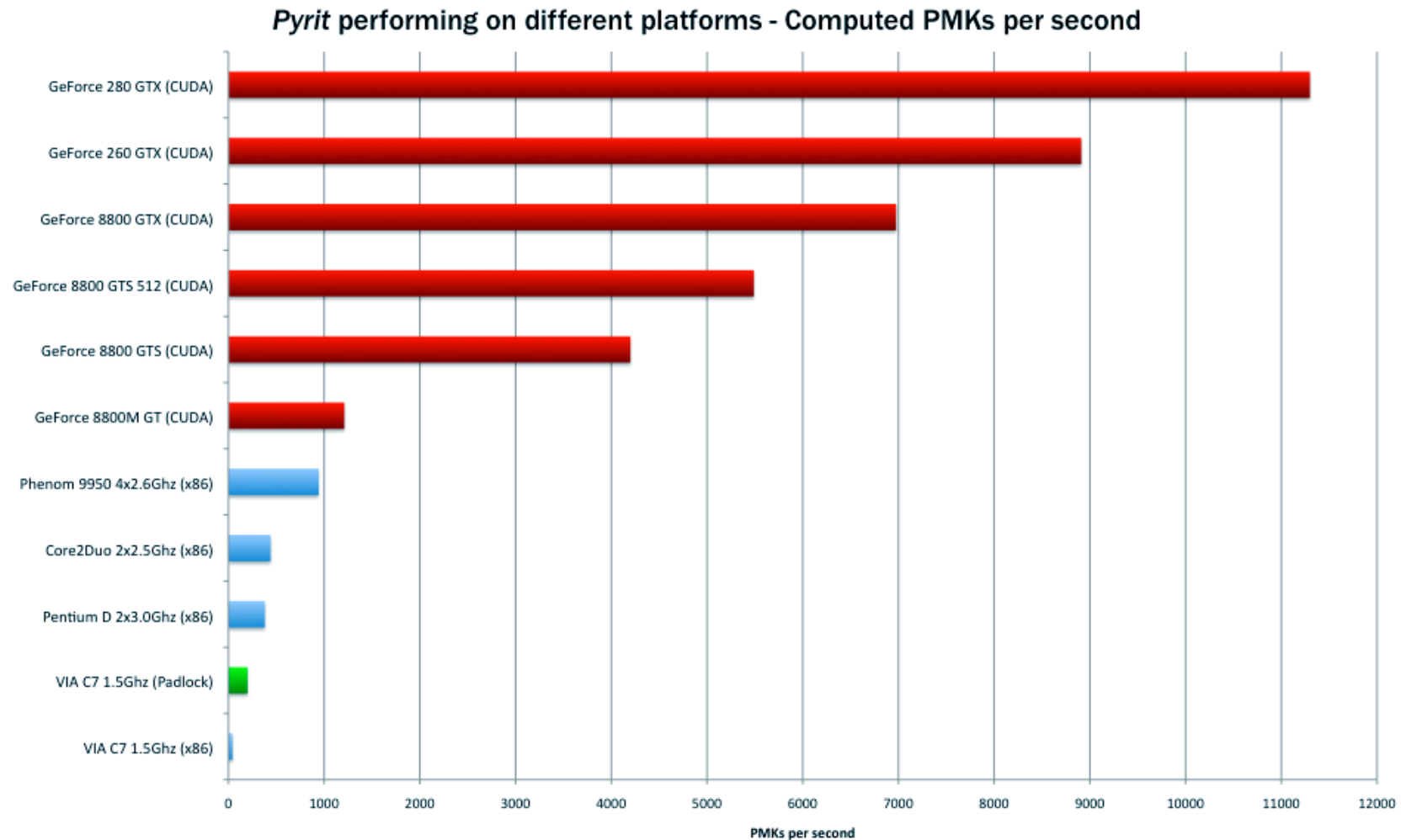
*Pyrit* takes a step ahead in attacking WPA-PSK and WPA2-PSK, the protocol that today de-facto protects public WIFI-airspace. The project's goal is to estimate the real-world security provided by these protocols. *Pyrit* does not provide binary files or wordlists and does not encourage anyone to participate or engage in any harmful activity. **This is a research project, not a cracking tool.**

*Pyrit's* implementation allows to create massive databases, pre-computing part of the WPA/WPA2-PSK authentication phase in a space-time-tradeoff. The performance gain for real-world-attacks is in the range of three orders of magnitude which urges for re-consideration of the protocol's security. Exploiting the computational power of GPUs, *Pyrit* is currently by far the most powerful attack against one of the world's most used security-protocols.

Kryptering afhænger af SSID - så skift altid SSID!

<http://pyrit.wordpress.com/about/>

# Tired of WoW?



Source: <http://code.google.com/p/pyrit/> Note old data!

# Hashcat Cracking passwords and secrets



- Hashcat is the world's fastest CPU-based password recovery tool.
- oclHashcat-plus is a GPGPU-based multi-hash cracker using a brute-force attack (implemented as mask attack), combinator attack, dictionary attack, hybrid attack, mask attack, and rule-based attack.
- oclHashcat-lite is a GPGPU cracker that is optimized for cracking performance. Therefore, it is limited to only doing single-hash cracking using Markov attack, Brute-Force attack and Mask attack.
- John the Ripper password cracker old skool men stadig nyttig

## Source:

<http://hashcat.net/wiki/>

<http://www.openwall.com/john/>

[http://hashcat.net/wiki/doku.php?id=cracking\\_wpawpa2](http://hashcat.net/wiki/doku.php?id=cracking_wpawpa2)

# Wi-Fi Protected Setup, WPS hacking - Reaver



Reaver Open Source Reaver implements a brute force attack against Wifi Protected Setup (WPS) registrar PINs in order to recover WPA/WPA2 passphrases, as described in [http://sviehboeck.files.wordpress.com/2011/12/viehboeck\\_wps.pdf](http://sviehboeck.files.wordpress.com/2011/12/viehboeck_wps.pdf).

Reaver has been designed to be a robust and practical attack against WPS, and has been tested against a wide variety of access points and WPS implementations.

On average Reaver will recover the target AP's plain text WPA/WPA2 passphrase in 4-10 hours, depending on the AP. In practice, it will generally take half this time to guess the correct WPS pin and recover the passphrase.

Hvad betyder ease of use?

Source:

<https://code.google.com/p/reaver-wps/>

<http://lifel hacker.com/5873407/how-to-crack-a-wi-fi-networks-wpa-password-with-reaver>

# WPS Design Flaws used by Reaver



## Design Flaw #1

| Option / Authentication  | Physical Access | Web Interface | PIN |
|--------------------------|-----------------|---------------|-----|
| Push-button-connect      | X               |               |     |
| PIN – Internal Registrar |                 | X             |     |
| PIN – External Registrar |                 |               | X   |

WPS Options and which kind of authentication they actually use.

As the External Registrar option does not require any kind of authentication apart from providing the PIN, it is potentially vulnerable to brute force attacks.

Pin only, no other means necessary

Source:

[http://sviehb.files.wordpress.com/2011/12/viehboeck\\_wps.pdf](http://sviehb.files.wordpress.com/2011/12/viehboeck_wps.pdf)



# WPS Design Flaws used by Reaver



| IEEE 802.11/EAP Expanded Type, Vendor ID: WFA (0x372A), Vendor Type: SimpleConfig (0x01) |                      |   |   |
|--|----------------------|---|---|
| <b>M1</b>  | Enrollee → Registrar | N1    Description    PK <sub>E</sub>  | Diffie-Hellman Key Exchange   |
| <b>M2</b>  | Enrollee ← Registrar | N1    N2    Description    PK <sub>R</sub>    Authenticator                 |   |
| <b>M3</b>  | Enrollee → Registrar | N2    E-Hash1    E-Hash2    Authenticator                                   |   |
| <b>M4</b>  | Enrollee ← Registrar | N1    R-Hash1    R-Hash2    E <sub>KeyWrapKey</sub> (R-S1)    Authenticator | prove posession of 1 <sup>st</sup> half of PIN                        |
| <b>M5</b>  | Enrollee → Registrar | N2    E <sub>KeyWrapKey</sub> (E-S1)    Authenticator                       | prove posession of 1 <sup>st</sup> half of PIN                        |
| <b>M6</b>  | Enrollee ← Registrar | N1    E <sub>KeyWrapKey</sub> (R-S2)    Authenticator                       | prove posession of 2 <sup>nd</sup> half of PIN                        |
| <b>M7</b>  | Enrollee → Registrar | N2    E <sub>KeyWrapKey</sub> (E-S2    ConfigData)    Authenticator         | prove posession of 2 <sup>nd</sup> half of PIN, send AP configuration |
| <b>M8</b>  | Enrollee ← Registrar | N1    E <sub>KeyWrapKey</sub> (ConfigData)    Authenticator                 | set AP configuration  |

|   |  |
|---|--|
| <p>Enrollee = AP<br/>Registrar = Supplicant = Client/Attacker</p> <p>PK<sub>E</sub> = Diffie-Hellman Public Key Enrollee<br/>PK<sub>R</sub> = Diffie-Hellman Public Key Registrar<br/>Authkey and KeyWrapKey are derived from the Diffie-Hellman shared key.</p> <p>Authenticator = HMAC<sub>Authkey</sub>(last message    current message)</p> <p>E<sub>KeyWrapKey</sub> = Stuff encrypted with KeyWrapKey (AES-CBC)</p> | <p>PSK1 = first 128 bits of HMAC<sub>AuthKey</sub>(1<sup>st</sup> half of PIN)<br/>PSK2 = first 128 bits of HMAC<sub>AuthKey</sub>(2<sup>nd</sup> half of PIN)</p> <p>E-S1 = 128 random bits<br/>E-S2 = 128 random bits<br/>E-Hash1 = HMAC<sub>AuthKey</sub>(E-S1    PSK1    PK<sub>E</sub>    PK<sub>R</sub>)<br/>E-Hash2 = HMAC<sub>AuthKey</sub>(E-S2    PSK2    PK<sub>E</sub>    PK<sub>R</sub>)</p> <p>R-S1 = 128 random bits<br/>R-S2 = 128 random bits<br/>R-Hash1 = HMAC<sub>AuthKey</sub>(R-S1    PSK1    PK<sub>E</sub>    PK<sub>R</sub>)<br/>R-Hash2 = HMAC<sub>AuthKey</sub>(R-S2    PSK2    PK<sub>E</sub>    PK<sub>R</sub>)</p> |
|---|--|

|                             |   |   |   |                             |   |   |   |
|-----------------------------|---|---|---|-----------------------------|---|---|---|
| 1                           | 2 | 3 | 4 | 5                           | 6 | 7 | 0 |
| 1 <sup>st</sup> half of PIN |   |   |   | checksum                    |   |   |   |
|                             |   |   |   | 2 <sup>nd</sup> half of PIN |   |   |   |

Reminds me of NTLM cracking, crack parts independently

Source:

[http://sviehb.files.wordpress.com/2011/12/viehboeck\\_wps.pdf](http://sviehb.files.wordpress.com/2011/12/viehboeck_wps.pdf)

# WPS Design Flaws used by Reaver



## Design flaw #2

An attacker can derive information about the correctness of parts the PIN from the AP's responses.

- If the attacker receives an EAP-NACK message after sending M4, he knows that the 1<sup>st</sup> half of the PIN was incorrect.
- If the attacker receives an EAP-NACK message after sending M6, he knows that the 2<sup>nd</sup> half of the PIN was incorrect.

This form of authentication dramatically decreases the maximum possible authentication attempts needed from  $10^8$  (=100.000.000) to  $10^4 + 10^4$  (=20.000).

As the 8<sup>th</sup> digit of the PIN is always a checksum of digit one to digit seven, there are at most  $10^4 + 10^3$  (=11.000) attempts needed to find the correct PIN.

100.000.000 is a lot, 11.000 is not

Source:

[http://sviehb.files.wordpress.com/2011/12/viehboeck\\_wps.pdf](http://sviehb.files.wordpress.com/2011/12/viehboeck_wps.pdf)

# Reaver Rate limiting



```
Kali 64-bit
Applications Places Thu May 30, 11:54 AM root
root@kali01: ~
File Edit View Search Terminal Help
[+] Sending identity response
[+] Received identity request
[+] Sending identity response
[+] Received identity request
[+] Sending identity response
[+] Received identity request
[+] Sending identity response
[+] Received identity request
[+] Sending identity response
[+] Received M1 message
[+] Sending M2 message
[+] Received M1 message
[+] Received M1 message
[+] Received M1 message
[+] Received M3 message
[+] Sending M4 message
[+] Received M3 message
[+] Received M3 message
[+] Received WSC NACK
[+] Sending WSC NACK
[+] 0.05% complete @ 2013-05-30 11:49:58 (7 seconds/pin)
[!] WARNING: Detected AP rate limiting, waiting 60 seconds before re-checking
[!] WARNING: Detected AP rate limiting, waiting 60 seconds before re-checking
[!] WARNING: Detected AP rate limiting, waiting 60 seconds before re-checking
[!] WARNING: Detected AP rate limiting, waiting 60 seconds before re-checking
[!] WARNING: Detected AP rate limiting, waiting 60 seconds before re-checking
root@kali01: ~
```

Make no mistake, it will work!

# Opsummering



De fleste trådløse enheder leveres med en standard konfiguration som er helt åben!

Det første man kan gøre er at slå noget kryptering til

Brug ikke WEP men *noget andet* - WPA2, VPN, IPsec, HTTPS, ...

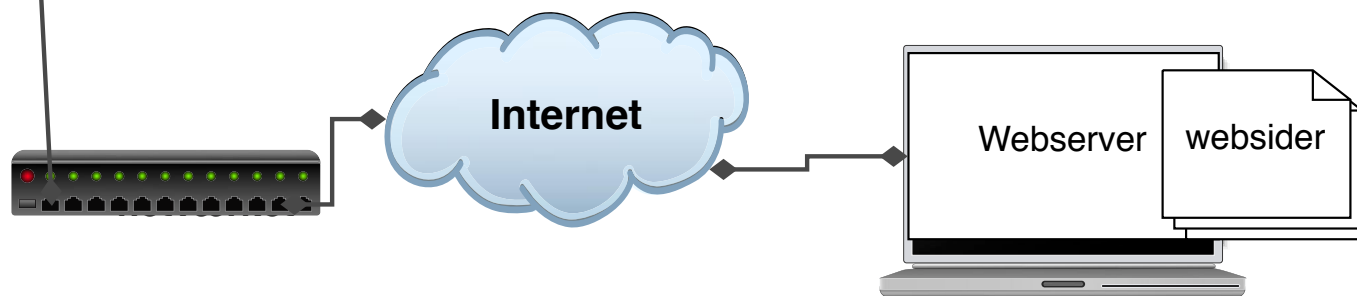
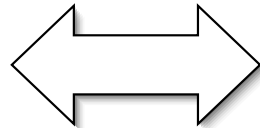
Derudover kan en del access points filtrere på MAC adresser glem det

på visse AP er der mulighed for opslag på RADIUS servere - Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS) sammen med WPA2

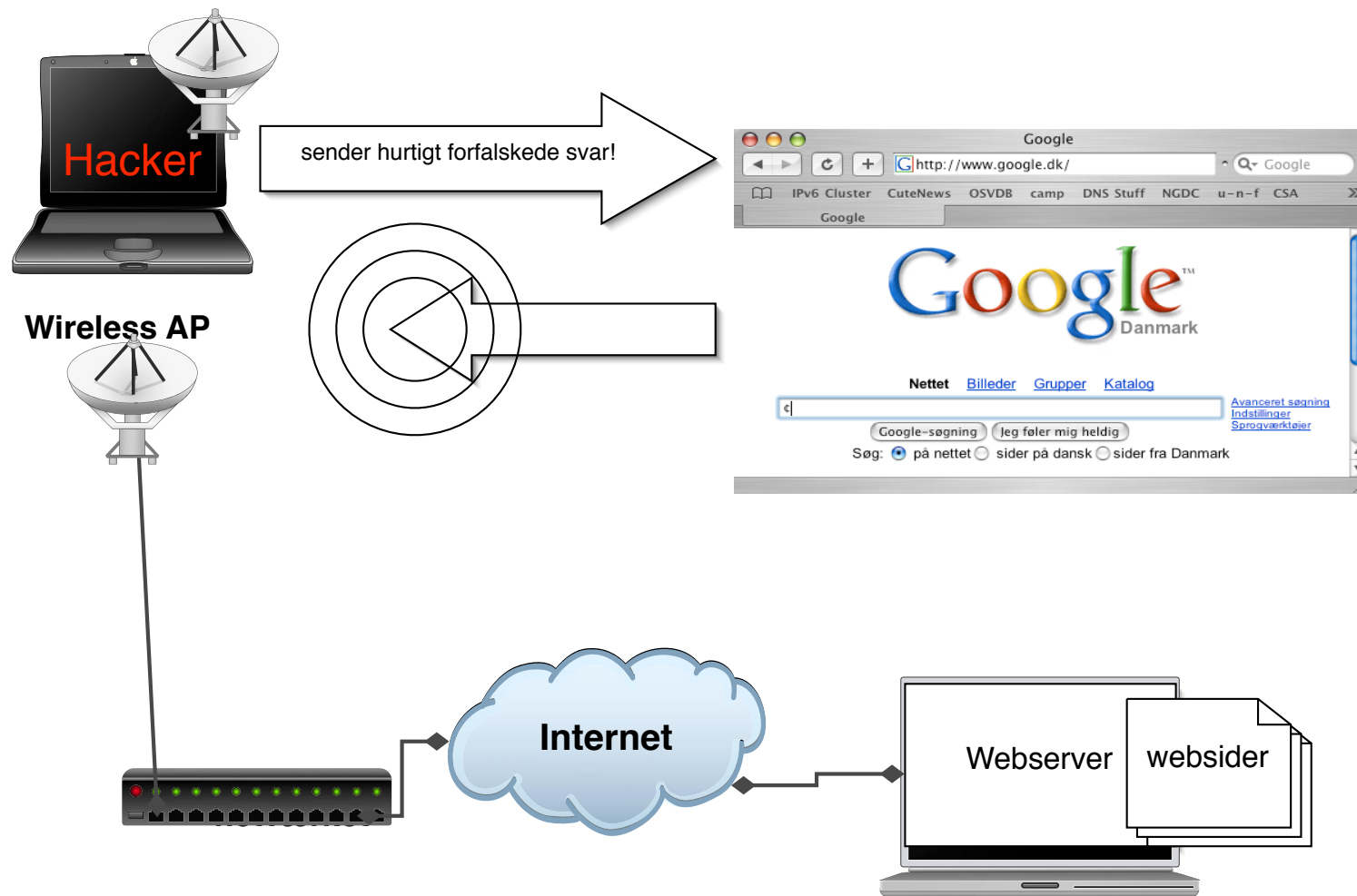
# Normal WLAN brug



Wireless AP



# Packet injection - airpwn



# Airpwn teknikker



Klienten sender forespørgsel

Hackerens program airpwn lytter og sender så falske pakker

Hvordan kan det lade sig gøre?

- Normal forespørgsel og svar på Internet tager måske 20-50ms
- Airpwn kan svare på omkring 1ms angives det
- Airpwn har alle informationer til rådighed

Airpwn source findes på Sourceforge

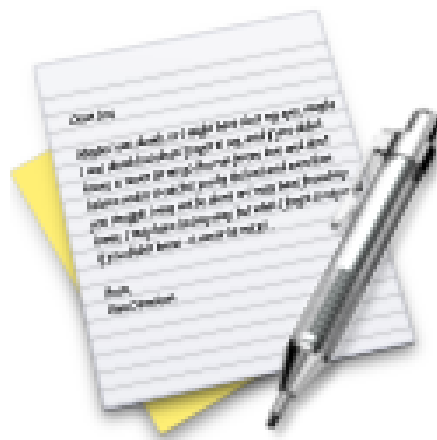
<http://airpwn.sourceforge.net/>

NB: Airpwn som demonstreret er begrænset til TCP og ukrypterede forbindelser

Mange Wireless netværk idag er ukrypterede og samme teknikker kan bruges idag

Ja, de **samme metoder** oprindeligt fra **2004** kan bruges idag!

# Øvelse: airdecap



Vi afprøver nu airdecap på de opsamlede filer fra før

Lån eller køb et netkort, hvis jeg har flere

Brug dele af tutorials fra

[http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=airdecap-ng&s\[\]=airdecap](http://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=airdecap-ng&s[]=airdecap)

”... decrypts a WPA/WPA2 encrypted capture using the passphrase”



## Når adgangen er skabt

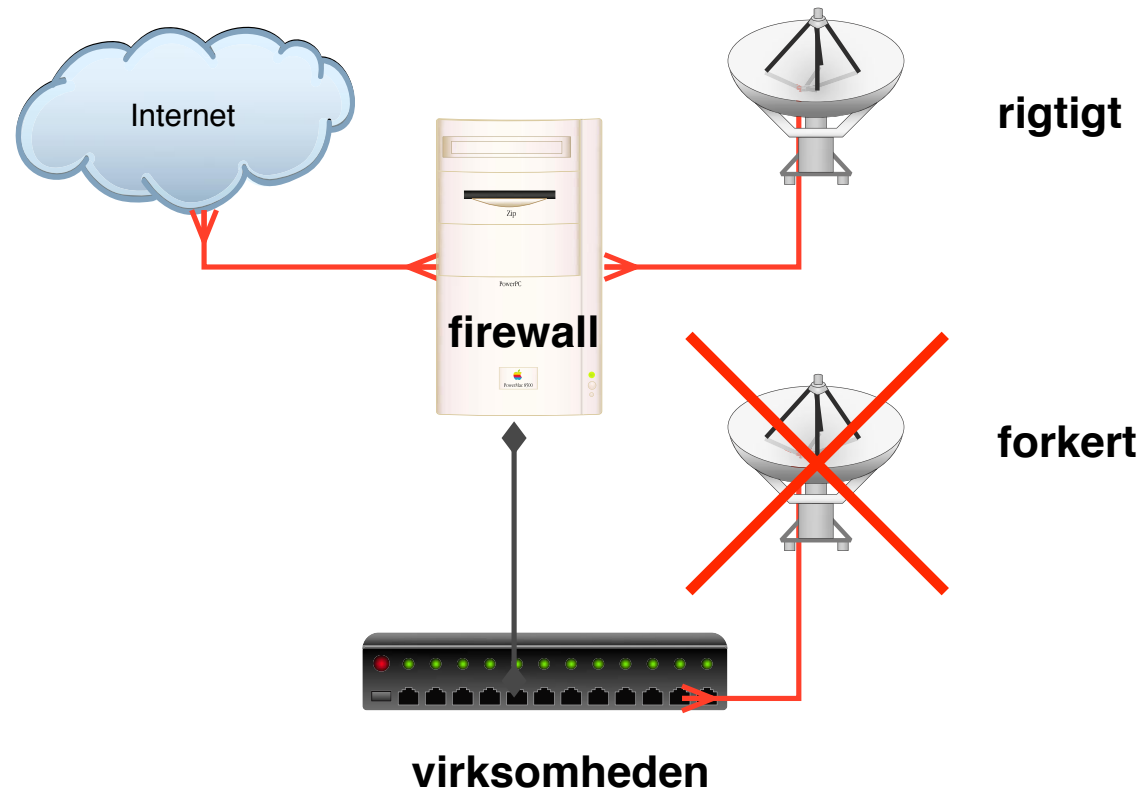


Så går man igang med de almindelige værktøjer

SecTools.Org: Top 125 Network Security Tools <http://www.sectools.org>

**Forsvaret er som altid - flere lag af sikkerhed!**

# Infrastrukturændringer

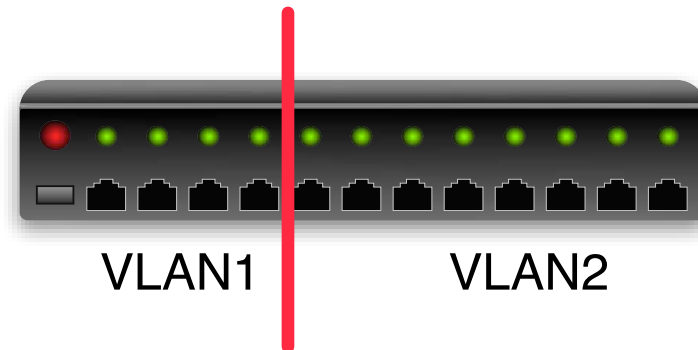


Sådan bør et access point logisk forbindes til netværket

# VLAN Virtual LAN

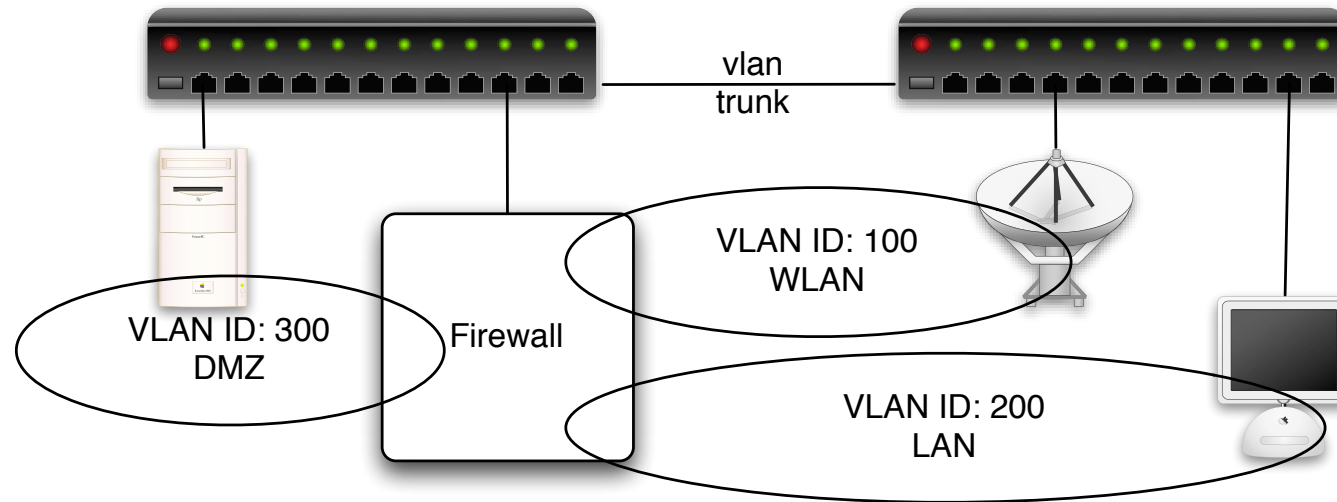


## Portbased VLAN



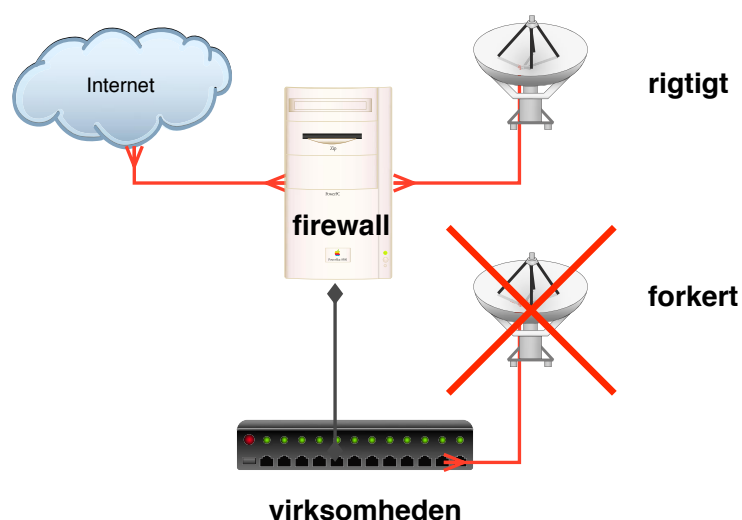
- Nogle switche tillader at man opdeler portene
- Denne opdeling kaldes VLAN og portbaseret er det mest simple
- Port 1-4 er et LAN
- De resterende er et andet LAN
- Data skal omkring en firewall eller en router for at krydse fra VLAN1 til VLAN2

# IEEE 802.1q



- Nogle switche tillader at man opdeler portene, men tillige benytter 802.1q
- Med 802.1q tillades VLAN tagging på Ethernet niveau
- Data skal omkring en firewall eller en router for at krydse fra VLAN1 til VLAN2
- VLAN trunking giver mulighed for at dele VLANs ud på flere switches
- Der findes værktøjer der måske kan lette dette arbejde YMMV: OpenNAC FreeNAC, PacketFence

# Anbefalinger mht. trådløse netværk



- Brug noget tilfældigt som SSID - netnavnet
- Brug ikke WEP til at sikre netværk  
- men istedet en VPN løsning med individuel autentificering eller WPA
- NB: WPA Personal/PSK kræver passphrase på mange tegn! +40?
- Placer de trådløse adgangspunkter hensigtsmæssigt i netværket - så de kan overvåges
- Lav et sæt regler for brugen af trådløse netværk - hvor må medarbejdere bruge det?

# Hjemmenetværk for nørder



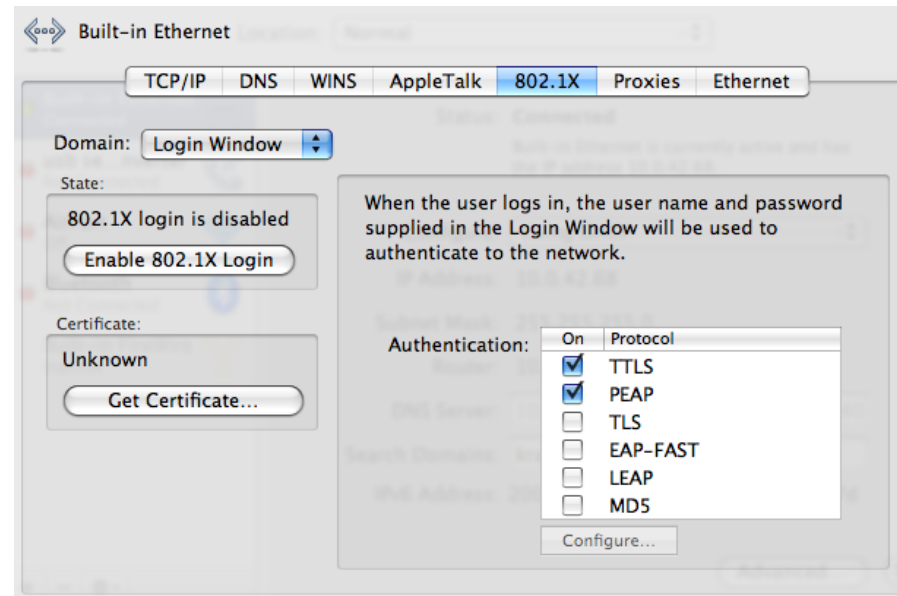
Lad være med at bruge et wireless-kort i en PC til at lave AP, brug et AP

Husk et AP kan være en router, men den kan ofte også blot være en bro

Brug WPA og overvej at lave en decideret DMZ til WLAN

Placer AP hensigtsmæddigt og gerne højt, oppe på et skab eller lignende

# IEEE 802.1x Port Based Network Access Control



- Nogle switche tillader at man benytter 802.1x
- Denne protokol sikrer at man valideres før der gives adgang til porten
- Når systemet skal have adgang til porten afleveres brugernavn og kodeord/certifikat
- Denne protokol indgår også i WPA Enterprise

# 802.1x og andre teknologier



802.1x i forhold til MAC filtrering giver væsentlige fordele

MAC filtrering kan spoofes, hvor 802.1x kræver det rigtige kodeord

Typisk benyttes RADIUS og 802.1x integrerer således mod både LDAP og Active Directory



# Undgå standard indstillinger



når vi scanner efter services går det nemt med at finde dem

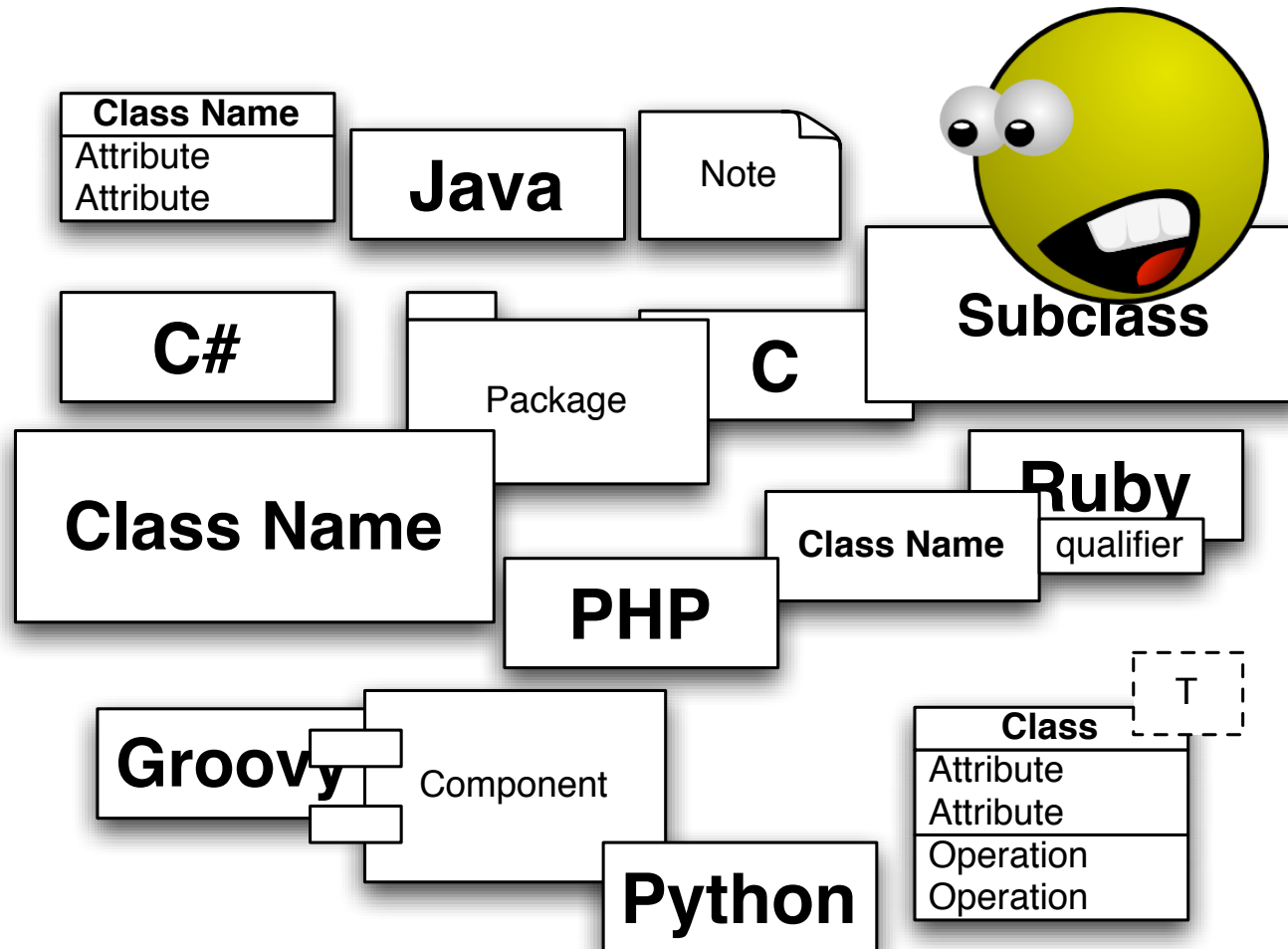
Giv jer selv mere tid til at omkonfigurere og opdatere ved at undgå standardindstillinger

Tiden der går fra en sårbarhed annonceres til den bliver udnyttet er meget kort idag!

Ved at undgå standard indstillinger kan der måske opnås en lidt længere frist - inden ormene kommer

NB: ingen garanti - og det hjælper sjældent mod en dedikeret angriber

## Next step, software sikkerhed



Wireless AP implementerer protokoller med hardware+software

# Sårbare AP'er - 1



Hvordan bygger man et billigt Access Point?

- En embedded kerne
- En embedded TCP/IP stak
- Noget 802.11 hardware
- Et par Ethernet stik
- eventuelt et modem
- Tape ...

Hvad med efterfølgende opdatering af software?

## Sårbare AP'er - 2



Eksempler på access point sårbarheder:

Konfigurationsfilen kan hentes uden autentificering - inkl. WEP nøgler

Konfigurationen sker via SNMP - som sender community string i klar tekst

Wi-Fi Protected Setup,(WPS) kan ikke slås helt fra

...

Konklusionen er klar - hardwaren er i mange tilfælde ikke sikker nok til at anvende på forretningskritiske LAN segmenter!

# Hvordan finder man buffer overflow, og andre fejl



Black box testing

Closed source reverse engineering

White box testing

Open source betyder man kan læse og analysere koden

Source code review - automatisk eller manuelt

Fejl kan findes ved at prøve sig frem - fuzzing

Exploits virker typisk mod specifikke versioner af software

# Forudsætninger



Bemærk: alle angreb har forudsætninger for at virke

Et angreb mod Telnet virker kun hvis du bruger Telnet

Et angreb mod Apache HTTPD virker ikke mod Microsoft IIS

Kan du bryde kæden af forudsætninger har du vundet!

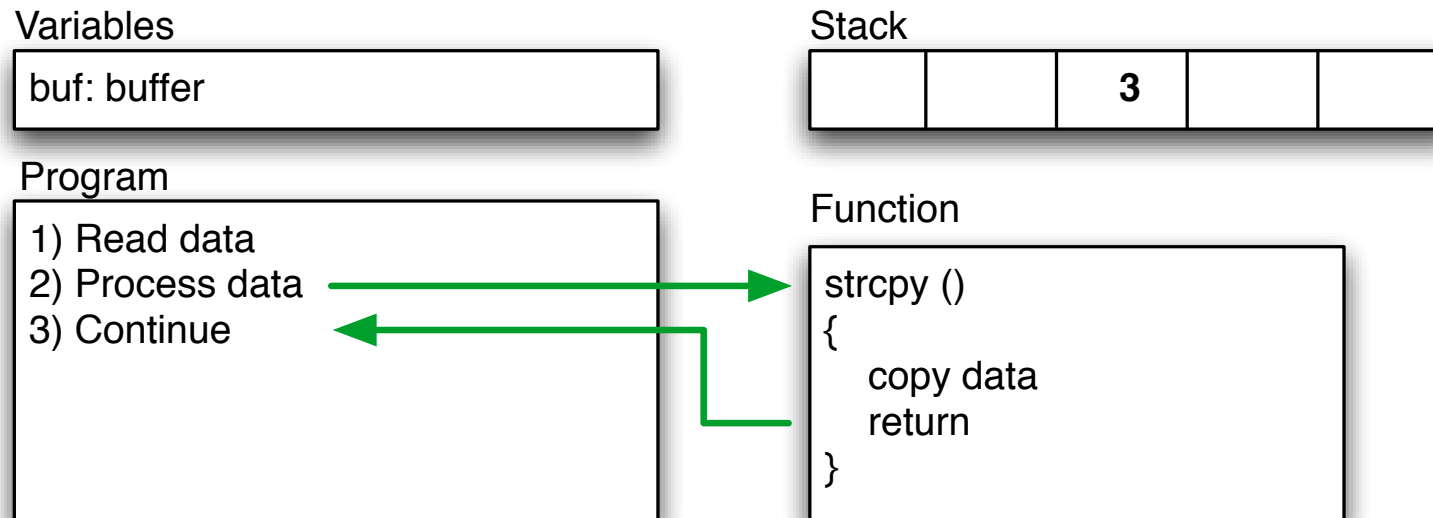
# buffer overflows et C problem



**Et buffer overflow** er det der sker når man skriver flere data end der er afsat plads til i en buffer, et dataområde. Typisk vil programmet gå ned, men i visse tilfælde kan en angriber overskrive returadresser for funktionskald og overtage kontrollen.

**Stack protection** er et udtryk for de systemer der ved hjælp af operativsystemer, programbiblioteker og lign. beskytter stakken med returadresser og andre variable mod overskrivning gennem buffer overflows. StackGuard og ProPolice er nogle af de mest kendte.

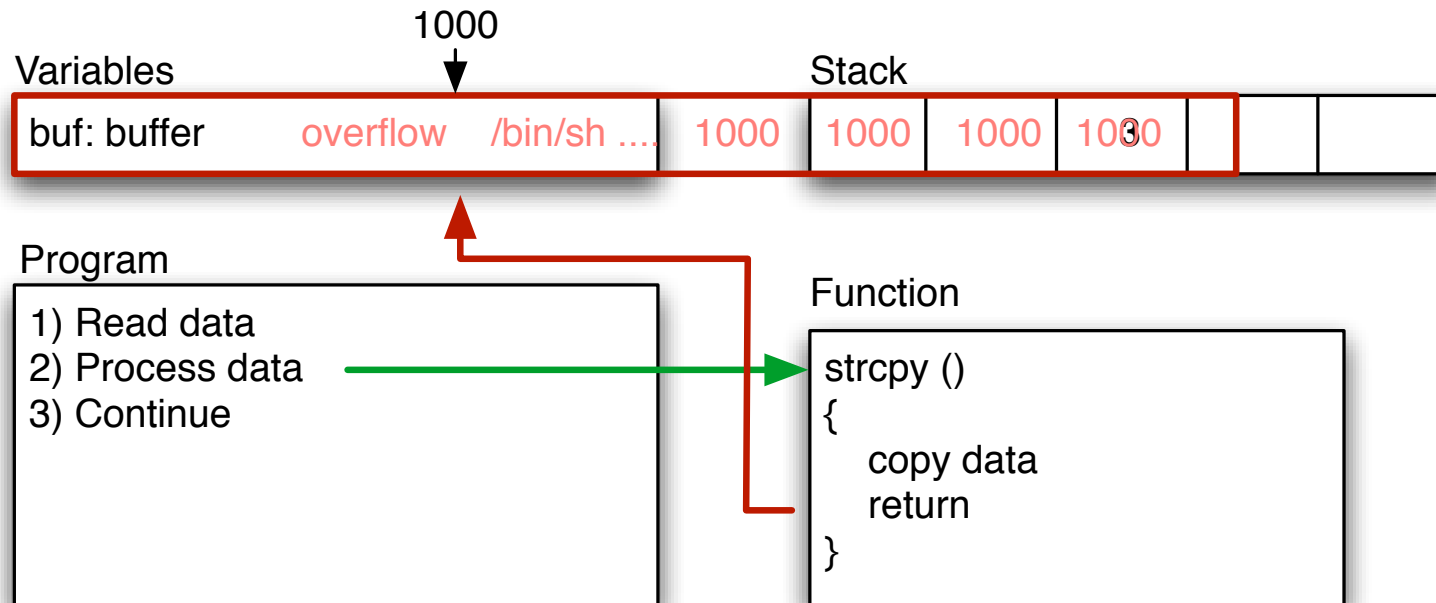
# Buffer og stacks



```
main(int argc, char **argv)
{
    char buf[200];
    strcpy(buf, argv[1]);
    printf("%s\n", buf);
}
```



# Overflow - segmentation fault



Bad function overwrites return value!

Control return address

Run shellcode from buffer, or from other place

# Exploits - udnyttelse af sårbarheder



exploit/exploitprogram er

- udnytter eller demonstrerer en sårbarhed
- rettet mod et specifikt system.
- kan være 5 linier eller flere sider
- Meget ofte Perl eller et C program

# Exploits



```
$buffer = "";  
$null = "\x00";  
$nop = "\x90";  
$nopsiz = 1;  
$len = 201; // what is needed to overflow, maybe 201, maybe more!  
$the_shell_pointer = 0xdeadbeef; // address where shellcode is  
# Fill buffer  
for ($i = 1; $i < $len; $i += $nopsiz) {  
    $buffer .= $nop;  
}  
$address = pack('l', $the_shell_pointer);  
$buffer .= $address;  
exec "$program", "$buffer";
```

Demo exploit in Perl

# Wireless buffer overflows beware of the BLOB



AP and driver software has errors, some exploitable

# 24 Deadly Sins of Software Security

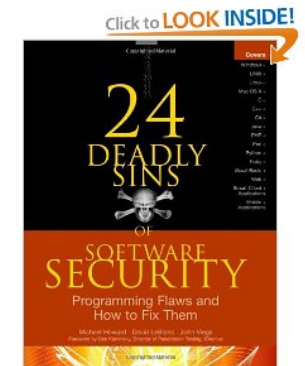


*24 Deadly Sins of Software Security* af Michael Howard, David Leblanc, John Viega 2009

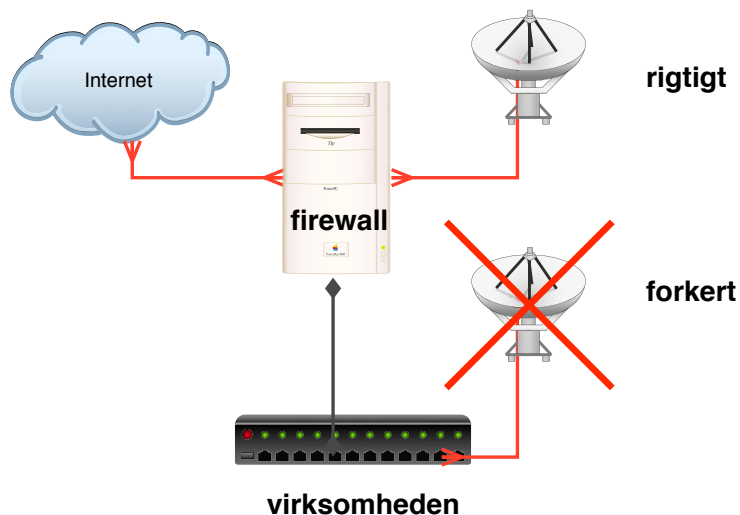
## Obligatorisk læsning for alle udviklere

Denne bog er præcis og giver overblik på kun 432 sider

Buffer Overruns, Format String Problems, Integer Overflows, SQL Injection, Command Injection, Failing to Handle Errors, Cross-Site Scripting, Failing to Protect Network Traffic, Magic URLs Hidden Form Fields, Improper Use of SSL and TLS, Weak Password-Based Systems, Failing to Store and Protect Data Securely, Information Leakage, Improper File Access, Trusting Network Name Resolution, Race Conditions, Unauthenticated Key Exchange, Cryptographically Strong Random Numbers, Poor Usability



# Recommendations for wireless networks



- Use a specific SSID - network name, influences the WPA PSK keying
- Never use WEP
- Use WPA PSK or Enterprise, or at least some VPN with individual user logins
- When using WPA Personal/PSK passphrase must be long, like +40 chars!
- Place network Access Points on the network where they can be monitored. Separate VLAN, isolated from the cabled LAN
- Have rules for the use of wireless networks, also for persons travelling - "Always use VPN when using insecure wireless in hotels, airports etc."

# Questions?



Henrik Lund Kramshøj [hlik@zencurity.dk](mailto:hlik@zencurity.dk)

Need DDoS testing or pentest, ask me!

You are always welcome to send me questions later via email

Did you notice how a lot of the links in this presentation use HTTPS - encrypted