Sicurezza dei sistemi e delle reti[1]

Mattia Monga

Dip. di Informatica
Università degli Studi di Milano, Italia
mattia.monga@unimi.it

a.a. 2014/15

Lezione XVIII: Reti wireless

Reti wireless

La prima rete wireless nasce nel 1971 fra le isole dell'arcipelago delle Hawaii (ALOHANET).
Dagli anni '90 hanno avuto una enorme diffusione:

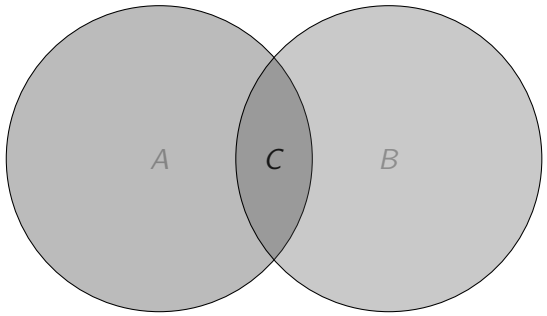
- Trasmissione via onde radio
- Bassi costi infrastrutturali
- Flessibilità nell'utilizzo

Caratteristiche salienti

Dal punto di vista della sicurezza:

- Segnali intrinsecamente **broadcast**
- Anche se, a differenza delle LAN cablate, il canale non è necessariamente "condiviso" fra tutti, perché ci possono essere range di ricezione diversi
- Attenuazioni e interferenze

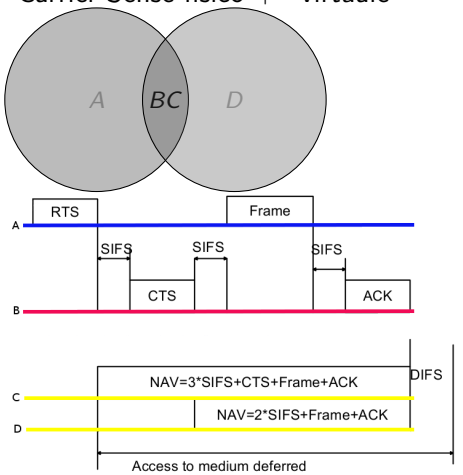
Collision detection



A non sente B, ma esiste comunque una zona di collisione dei due segnali: non si può usare il meccanismo di Ethernet.

CSMA/CA

Carrier Sense fisico + "virtuale"



- $A \to B$
- Tempi standard
  SIFS<PIFS<DIFS<EIFS
- A, ricevuto il CTS, fa partire un timer per l'ACK
- C sente RTS (e CTS), D solo CTS

802.11 (WiFi)

Gli standard IEEE per le LAN wireless sono raccolti nella famiglia 802.11

- 802.11a 5GHz, 54Mb/s teorico, circa 20Mb/s, 12 canali
- 802.11b 2.4GHz, 11Mb/s (5.9 Mb/s TCP 7.1 Mbit/s UDP)
- 802.11g 2.4GHz, 54Mb/s teorico, circa 25Mb/s
- 802.11i (WPA2) standard di sicurezza
- 802.11n standard recente che permette bande elevate e l'uso congiunto di piú antenne

Modalità di funzionamento

Access point (AP) o modalità infrastruttura: ogni nodo spedisce i pacchetti tramite un AP (che poi li gira verso una rete cablata o wireless)

Ad hoc un nodo scambia i frame direttamente con un altro

Monitor una scheda di rete riceve tutti i frame

Caratteristiche

- Ogni nodo è contrassegnato dal suo numero MAC
- Ogni AP è contrassegnato da un Service Set IDentifier (SSID)
  - L'AP annuncia il SSID con regolarità (beaconing)
  - I nodi fanno scanning di un AP, passivo o attivo (*probe request*)
  - Il MAC dell'AP è detto BSSID

Servizi 802.11

Associazione usato dai nodi per connettersi ad un AP, quando ci si trova nell'ambito della sua portata

Autenticazione usato dai nodi per avere il permesso di ricevere e spedire dati

Riassumendo

Le reti wireless 802.11

- Trasmissioni broadcast, con tecniche di *carrier sense* particolari
- La modalità infrastrutturale prevede AP cui ci si deve associare

Vulnerabilità intrinseche

- Il segnale è facile da **intercettare**
- Il segnale è facile da **disturbare**
- In alcuni casi il nodo può avere ridotte capacità di calcolo

Attacchi frequenti

- Eavesdropping
- Denial of service
- Spoofing e message replay

L'identificazione di un nodo è spesso affidata al solo numero MAC: facilmente falsificabile (e per di piú il traffico lecito è accessibile all'attaccante!)

WEP

Wired Equivalent Privacy (WEP) 1999, tutt'ora abbastanza diffuso.

- Shared key di 40, 104 o 232 bit (WEP key)
- Le chiavi sono identificate da un keyID di un byte, perché un nodo ne può avere piú di una
- Le chiavi devono essere trasmesse tramite un canale sicuro (offline a tempo di setup)
- Non c'è protezione fra coloro che conoscono la chiave (come in una LAN Ethernet)

Autenticazione

Chiave condivisa K

1. un nodo N manda una richiesta all'access point AP
2. AP: challenge $w = a_1 \dots a_{16}$ di $16 \times 8 = 128$bit
3. N: genera initialization vector IV (24 bit), calcola $m = RC4(IV|K) \oplus w$ e manda $r = IV|m$
4. AP controlla $RC4(IV|K) \oplus m = w$

Debolezza dell'autenticazione

- Sul canale viaggiano w e $r = IV|(RC4(IV|K) \oplus w)$.
- Poiché $A \oplus B \oplus B = A$, un attaccante può calcolare $RC4(IV|K)$.
- Siccome l'IV lo sceglie il nodo (e può essere riutilizzato!), l'attaccante può autenticarsi con qualsiasi challenge w' mandando $r = IV|(RC4(IV|K) \oplus w')$

Debolezza del controllo d'integrità

In WEP il controllo d'integrità dei pacchetti è ottenuto con un semplice CRC del pacchetto (senza elementi segreti).

- $CRC(A \oplus B) = CRC(A) \oplus CRC(B)$
- l'attaccante può alterare un pacchetto e iniettarne di nuovi

Tampering

Un pacchetto p sul canale è $x = (p|CRC(p)) \oplus RC4(IV|K)$

- L'attaccante intercetta x e manda $x' = (p'|CRC(p')) \oplus x$
- $$\begin{aligned} x' &= (p'|CRC(p')) \oplus (p|CRC(p)) \oplus RC4(IV|K) \\ &= ((p' \oplus p)|(CRC(p') \oplus CRC(p))) \oplus RC4(IV|K) \\ &= ((p' \oplus p)|(CRC(p' \oplus p))) \oplus RC4(IV|K) \end{aligned}$$
- Scegliendo opportunamente p' l'attaccante manda ciò che vuole

Injection

L'injection è ancora piú facile.

- Come visto nell'autenticazione, l'attaccante può conoscere un $RC4(IV|K)$ legittimo
- A questo punto può iniettare $IV|m|CRC(m) \oplus RC4(IV|K)$ con m qualsiasi (gli IV possono essere riutilizzati)

Fragmentation attack

I primi 8 byte dei frame 802.11b sono fissi

IP	AA AA 03 00 00 00 08 00
ARP	AA AA 03 00 00 00 08 06

L'attaccante può quindi ottenere i primi 8 byte di $RC4(IV|K)$. È possibile frammentare un messaggio in frammenti di 4 byte + 4 byte di integrity check e utilizzare la chiave cosí trovata.

Riassumendo

Le reti wireless rendono il canale facilmente accessibile agli attaccanti: occorre usare contromisure crittografiche.

- Wired Equivalent Privacy
- Un protocollo mal progettato con innumerevoli vulnerabilità

WPA

WI-FI Protected Access (WPA) nato nel 2002 per superare WEP

- Utilizzabile sullo stesso hardware
- Superando le vulnerabilità di WEP

WPA

- Sostituisce CRC con un nuovo algoritmo per l'integrity check (Michael)
- Usa ancora RC4, ma impedisce replay e correlazioni con Temporal Key Integrity Protocol (TKIP).

Autenticazione WPA

Due modalità:

- Home-and-Small-Office: Pre-shared Key (PSK) analogo a WEP
- Enterprise: usa 802.1X e un authentication server connesso all'access point con una rete *wired*

Enterprise WPA

- Ogni nodo (supplicant) condivide una chiave segreta con l'authentication server (Remote Authentication Dial-In User Service, RADIUS)
- L'access point riceve le richieste del nodo e le gira al RADIUS dal quale riceve l'ok all'autenticazione

WPA

Misure di sicurezza introdotte da WPA/TKIP

- TKIP usa una *pairwise master key* (PMK) generata differentemente per ogni nodo
- la PMK viene usata per generare 4 *pairwise transient keys* (PTK) da 128 bit.
- le PTK sono diverse in ogni sessione di associazione con un AP

PTK

Le PTK vengono generate con un 4-handshake a partire da:

- un numero casuale con seme PMK
- MAC del nodo
- MAC dell'AP
- nonce generati dal nodo e dall'AP

Integrity check

- 2 PTK vengono usate da Michael per l'integrity check
- Michael è soggetto ad un attacco per cui bastano 2^{29} (invece di 2^{64}) tentativi per falsificarlo
- perciò 2 failure escludono un nodo per un minuto

Replay di IV

Per evitare che gli IV vengano riutilizzati, TKIP introduce i TKIP sequence counter (TSC).

- 48 bit divisi in 3 blocchi da 16 (con 24 bit, dopo 5120 trasmissioni è piú probabile avere collisioni che no)
- questo permette di riutilizzare RC4, spesso cablato nello hardware

DoS WPA

I pacchetti che non superano l'integrity check vengono scartati; 2 scarti portano alla dissociazione per 1 minuto.

- L'attaccante intercetta pacchetti con IV (in chiaro)
- Modifica l'IV con valori maggiori del contatore
- L'integrity check fallisce, causando DoS

Riassumendo

WPA è un protocollo nato per superare i limiti di WEP, funzionando sui medesimi device.

- RC4 based
- Algoritmo crittografico per l'integrity check
- IV non riutilizzabili

802.11i (WPA2)

WPA nasce "per mettere una pezza a WEP". In realtà l'IEEE stava elaborando uno standard di sicurezza che è stato completato solo nel 2004

- 802.11i
- Wi-Fi Alliance ha prodotto uno standard compatibile con 802.11i chiamato WPA2

802.11i (WPA2)

Al contrario di WPA, non permette di riutilizzare lo hardware WEP.

- Crittografia basata su AES
- Autenticazione PSK o 802.1X (come WPA)
- Counter mode-CRC MAC Protocol (CCMP) usa AES-128 in counter mode per autenticazione, confidenzialità e integrità: senza IV in chiaro

Counter mode AES

Il counter mode AES permette di trasformare un block cipher in uno stream cipher usando valori successi di un "counter": il messaggio M viene spezzato in blocchi di 128 bit
$C_i = AES_K(i) \oplus M_i$
CCMP inoltre (per questo servono 2 PTK) usa il cipher-block chaining message authentication code (CBC-MAC) in cui ogni blocco dipende dalla corretta cifratura del precedente.

Sicurezza di 802.11i

CCMP è ritenuto piuttosto sicuro, ma rimangono alcune vulnerabilità generali

- DoS
- Attacchi rollback
- Dissociazioni e de-autenticazioni

Dissociazioni e de-autenticazioni

Un attaccante può forzare una dissociazione allo scopo di:

- tentare un attacco di rollback
- intercettare i pacchetti utilizzati durante l'autenticazione (per esempio per tentare un dictionary attack)

Riassumendo

WPA2 è un protocollo correntemente considerato sicuro (specie nella forma 802.1X)

- Basato su AES-128 (CCMP)
- Rimangono alcuni problemi intrinseci (DoS)
- Nel caso PSK: i dictionary attack