applicazioni della crittografia

sommario

- certificati e public key infrastructure
- protocolli di trasporto ssl, tls e ssh
- protocolli di autenticazione di livello 2
- virtual private networks
- altre applicazioni
  - one time passwords
  - documenti crittografati
  - posta elettronica
  - filesystem

certificati e public key infrastructure

certificato

- un **certificato** è un messaggio o documento firmato che stabilisce che una **chiave pubblica** è relativa ad un certo **“nome”**
- il nome deve poter essere ricondotto ad un **soggetto**

- esempio
  - $[name=pippo,key=823764]_{pluto}$

certification authority (CA)

- una CA è un entità che emette certificati firmati con la sua chiave privata
  - l'emissione avviene su richiesta del subject
  - esempio: $[name=pizzonia,key=034985]_{CA\_ROMA3}$
- una CA deve verificare che...
  - il subject sia identificabile chiaramente col nome dichiarato
    - deve chiedere delle prove al subject (es. carta di identità)
    - dovrebbe verificare che non ci siano nomi simili con cui un utente possa fare confusione (es. www.mircosoft.com)
  - il subject sia in possesso della corrispondente chiave privata
  - una CA è tanto più affidabile quanto più le procedure per le verifiche sono stringenti
  - una CA non è un server, è un ufficio che si avvale di strumenti tecnologici

terminologia

- **issuer** di un certificato: chi emette il certificato (tipicamente una CA)
- **subject** di un certificato: il soggetto a cui fa riferimento il nome contenuto nel certificato
- **verifier** o **relying party**: chi cerca una prova che una chiave pubblica è associata ad un certo nome
  - es. un browser

certificazione per delega, catene di certificati

- CA1 può delegare CA2 nell'emissione dei certificati (di un certo tipo)
  - si presume che CA1 verifichi che CA2 esegua tutti i controlli che CA1 farebbe direttamente
  - la delega può essere a più livelli (CA2 può a sua volta delegare)
- un verifier si fida di CA2 poiché si fida di CA1 e di come controlla che CA2 svolga bene il proprio lavoro
- la delega è espressa mediante una catena di certificati
  - $[\text{name=pippo, key=234212}]_{CA2}$
  - $[\text{name=CA2, key=309485}]_{CA1}$
  - $[\text{name=CA1, key=208372}]_{CA1}$ (self signed)
    - un **certificato self signed** è solo un modo di memorizzare una chiave pubblica associata ad un nome, non vi è nessuna semantica di fiducia associata
    - comodo per omogeneità con la memorizzazione delle altre chiavi pubbliche

tipi di certificati

- che differenza c'è tra questi due certificati?
  - $[\text{name=pippo, key=234212}]_{CA2}$
  - $[\text{name=CA2, key=309485}]_{CA1}$
- questo schema permetterebbe a pippo di firmare certificati!
- il certificato deve contenere indicazione sulla possibilità di firmare certificati
  - $[\text{name=pippo, key=234212, usage=signData}]_{CA2}$
  - $[\text{name=CA2, key=309485, usage=signCert}]_{CA1}$

terminologia

- **trust anchor**: un issuer di cui ci fidiamo senza bisogno di avere un certificato per questo
  - es. i browser hanno un insieme di CA di cui si fidano già preconfigurato (certificati self-signed)
    - in realtà è il produttore del browser che si fida delle CA
    - gli utenti si fidano delle scelte fatte dal produttore del browser e del fatto che nessuno abbia modificato le configurazioni
    - infatti nessuno controlla che non ci siano trust anchor spurie configurate nel browser
- **target**: un nome per cui vogliamo trovare una catena di certificati che parta da un trust anchor
  - es. il browser che naviga in un sito “sicuro” ha come target il “nome del sito”

modelli di fiducia

- monarchia
  - una sola CA
- monarchia + registration autority (RA)
  - una CA e più RA a cui la CA delega le verifiche, i certificati sono comunque firmati da CA
- monarchia + deleghe
  - una trust anchor che delega la firma di certificati e crea catene di certificati

modelli di fiducia

- oligarchia (+ eventuali deleghe)
  - varie trust anchor
  - è il modello usato dai browser
- anarchia
  - l'utente sceglie le trust anchor
  - chiunque può emettere certificati
  - è il modello usato da PGP
- vincoli sul nome
  - la delega sull'emissione dei certificati può essere vincolata in modo da permettere firme solo di certificati relativi a certi domini
    - es. la CA PerfectSign delega CA_UNIROMA3 per emettere certificati solo per nomi che terminano con uniroma3.it
    - [name=CA_UNIROMA3, key=9345, usage=signCert, constraint=*.uniroma3.it]$_{\text{PerfectSign}}$

semantica di un certificato e pubblicazione di chiavi private

- un certificato asserisce che tutto ciò che è firmato con la corrispondente chiave privata è firmato dal subject del certificato
- che succede se la chiave privata viene pubblicata?
  - per errore umano
  - per attacco ai sistemi
  - per attacco criptoanalitico
- chi ha la chiave privata riesce a impersonare il subject con il minimo sforzo

validità di un certificato

- la probabilità che una chiave privata sia pubblicata aumenta con il tempo
  - es. è più facile che il sistema di www.securebank.com venga penetrato nell'arco di un anno anziché di una settimana
  - in un certo senso la chiave privata "si deteriora"
- diamo un tempo di vita alle chiavi private e quindi una scadenza ai certificati
  - tipicamente i certificati hanno anche un tempo di inizio di validità
  - es. [name=CA_UNIROMA3, key=9345, usage=signCert, constraint=*.uniroma3.it, validity=(from 2007.01.01 to 2007.12.31)]$_{\text{PerfectSign}}$
- il verifier ha l'onere di **verificare** che i certificati della sua catena siano validi

revoca di un certificato

- se la chiave privata viene pubblicata durante il tempo di validità del certificato il certificato deve essere **revocato**
- il verifier ha l'onere di **verificare** che i certificati della sua catena siano non revocati
- il subject ha l'onere, in caso di pubblicazione della chiave privata, di **richiedere immediatamente la revoca** all'issuer

certificate revocation list (CRL)

- la CA emette liste firmata di certificati validi ma revocati
  - i certificati hanno un ID
  - le CRL contengono gli ID dei certificati validi ma revocati
- l'emissione è strettamente periodica e dotata di timestamp
  - bisogna ottenere l'ultima CRL prima di fidarsi di un certificato
  - nessun ci dever poter far credere che una CRL vecchia è la più recente (timestamp)
  - attenzione al real time clock del sistema
- la distribuzione viene fatta tipicamente tramite ftp o http (rfc 2585)
  - il certificato può indicare un url da cui scaricare la CRL

on-line revocation server

- per applicazioni con stringenti requisiti di tempo è possibile avere un on-line revocation server per ottenere lo stato di un certificato in tempo reale
- Online Certificate Status Protocol (OCSP)
  - rfc 2560

X.509 e PKIX

- il formato standard dei certificati è stabilito da X.509 (ITU, l'ultima versione è la 3, usata comunemente) e dal profilo PKIX (rfc 4212)

- specifiche date mediante ASN.1
  - standard (ITU/ISO) per descrivere protocolli a livello astratto
- codifica: tipicamente .der (binaria)
  - standard per codificare protocolli descritti con ASN.1
- variante: .pem (ascii)
  - è una codifica ascii del corrispondente .der
  - simile a uuencode
- per ulteriori info vedi
  - http://en.wikipedia.org/wiki/ASN.1

name e common name

- struttura dei nomi X.500 (ITU)
  - C=US (country)
  - ST=Rohde Iland (state)
  - L=Providence (location, città)
  - O=SecureBank Inc. (organization)
  - OU=Loan Dept. (organization unit)
  - CN= John Taylor (common name del subject)
- per i server web, per convenzione, CN deve essere il DNS name o il numero IP
  - molti browser verificano questo ed eventualmente avvertono l'utente

X.509v3

- esempio con alcuni campi comuni, molti altri sono possibili

```
Version: 3 (0x2)
Serial Number: 8a:5f:f6:85:21:f9:20:41
Signature Algorithm: md5WithRSAEncryption
Issuer: C=IT, ST=Italy, L=Rome, O=ROMA3,
        OU=Network Research,
        CN=PerfectSign Inc./emailAddress=....
Validity
        Not Before: Jun 16 07:34:45 2006 GMT
        Not After : Jun 13 07:34:45 2016 GMT
Subject:
        C=US, NY=Italy, L=Rome, O=SecureBank Inc.,
        OU=Loan,
        CN=www.securbank.it/emailAddress=none
Subject Public Key Info:
        Public Key Algorithm: rsaEncryption
        RSA Public Key: (1024 bit)
                Modulus (1024 bit):
                   00:d3:b2:17:09:54:ee:50:e1:28:cc:70:e3:f3:d0:
                      ....
                Exponent: 65537 (0x10001)
X509v3 extensions:
         X509v3 Basic Constraints:  CA:TRUE
```

PKCS #1 ... #15

- Public-Key Cryptography Standard
  - pubblicate da RSA
- fissano codifiche precise per varie tipologie di “dati crittografici” per RSA
- alcuni esempi
  - PKCS#1: RSA firma e cifratura: aspetti matematici e algoritmici
  - PKCS#5: Password-Based Cryptography Standard
  - PKCS#7: RSA firma e cifratura, formati messaggi
  - PKCS#8: Codifica delle chiavi private, formato
  - PKCS#10: Certificate Signing Requests per una CA
  - PKCS#12: formato coppia <chiave privata, certificato>

punti critici nelle PKI: il verifier

- il comportamento del verifier (cioè es. web browser) è quasi mai ortodosso
  - verifica il common name?
    - quasi tutti lo fanno
  - può ignorare gli intervalli di validità
    - configurabile? qual'è il default?
  - può ignorare il problema della revoca
    - configurabile? qual'è il default?
  - chi seleziona le trusted anchor?
- conosci il comportamento del tuo browser preferito?

punti critici nelle PKI: l'issuer

- il comportamento dell'issuer è conforme alle esigenze di sicurezza?
  - quando un utente fa affidamento su un certificato non conosce le politiche di sicurezza della CA
  - che controllo ha una CA sulle CA delegate o sulle RA?
- prova a cercare in Internet le politiche di una CA
- Normativa europea: EU Directive 1999/93/EC

punti critici nelle PKI: l'utente

- l'utente non sa che cosa è ...
  - un "sito sicuro"
  - un certificato
  - un common name
  - una CA
  - una trust anchor

punti critici nelle PKI: interazione utente-browser

- l'utente tende a rispondere OK
  - Il certificato è firmato da una CA sconosciuta. Lo vuoi accettare lo stesso?
    - accetto questo certificato per sempre?
  - il common name non corrisponde al dns name, accetto questo certificato?
- l'utente non verifica il nome del subject
  - si limita ad osservare il lucchetto chiuso
  - raramente ci clicca sopra per vedere chi è il subject del certificato

punti critici nelle PKI

- Ellison, Schneier. “Ten Risks of PKI”. Computer Security Journal. Nov 1, 2000

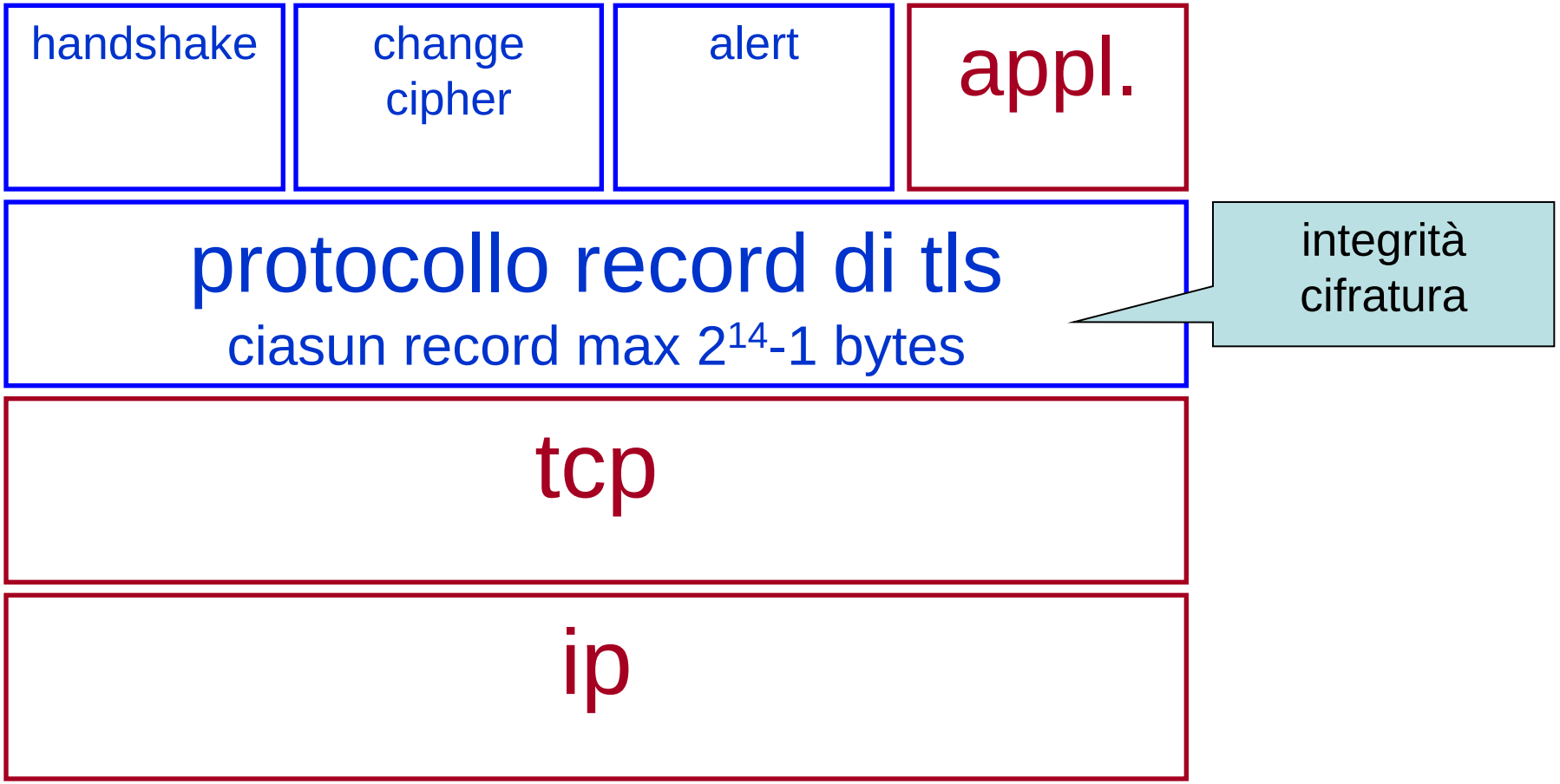
protocolli di trasporto ssl, tls e ssh

descrizione generale

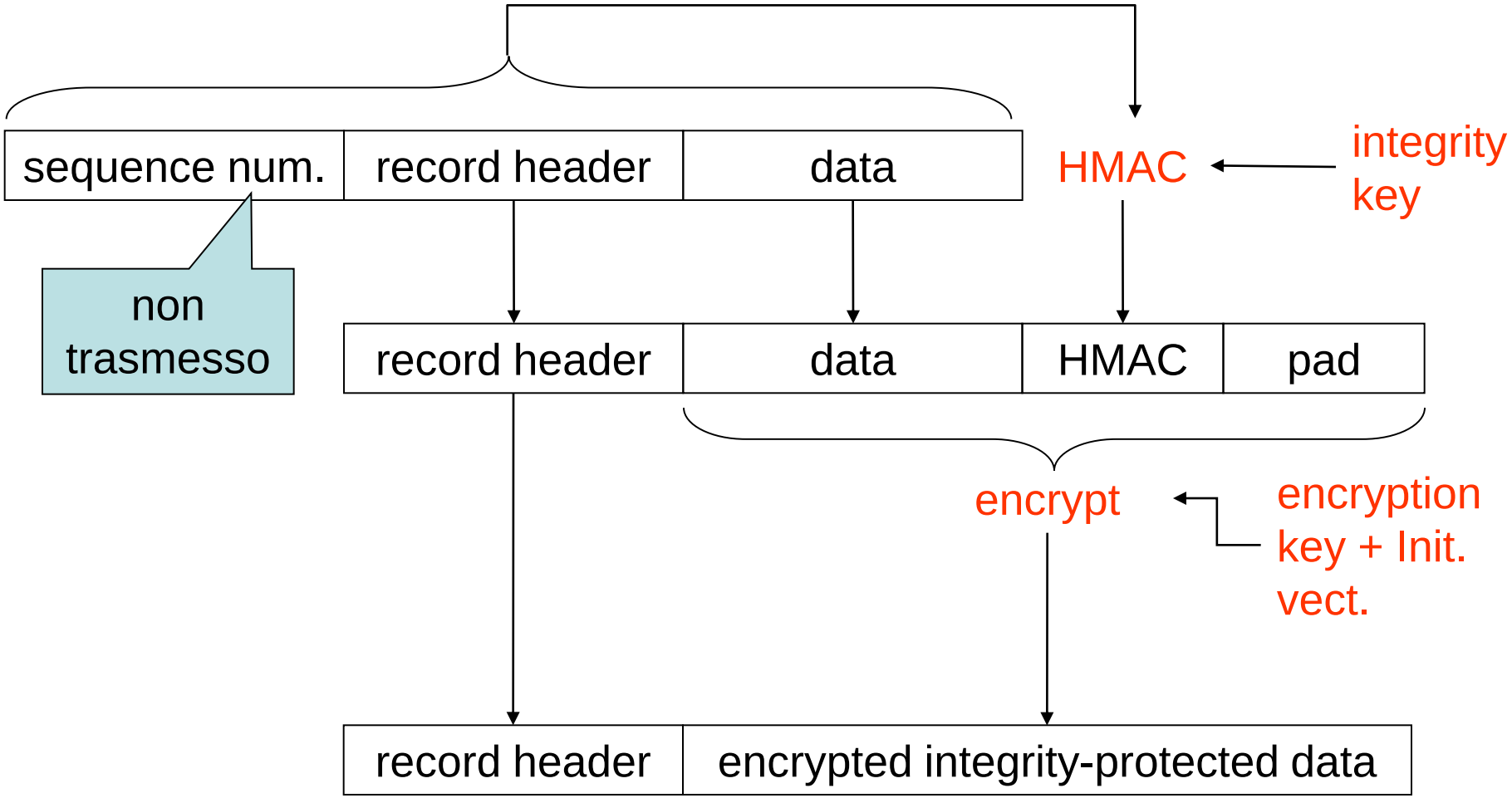
- Secure Socket Layer (Netscape)
  - versione 2, obsoleta, qualche vulnerabilità
  - versione 3
- Transport Layer Security (IETF, rfc2246)
  - versione 1, molto simile a SSLv3 ma incompatibile

- protocolli del tutto generali
  - usati spesso per http (https su porta 443)
  - usati anche per imap, pop, telnet
- supportati dalle applicazioni più diffuse
- sono protocolli piuttosto complessi

il rapporto con la pila osi



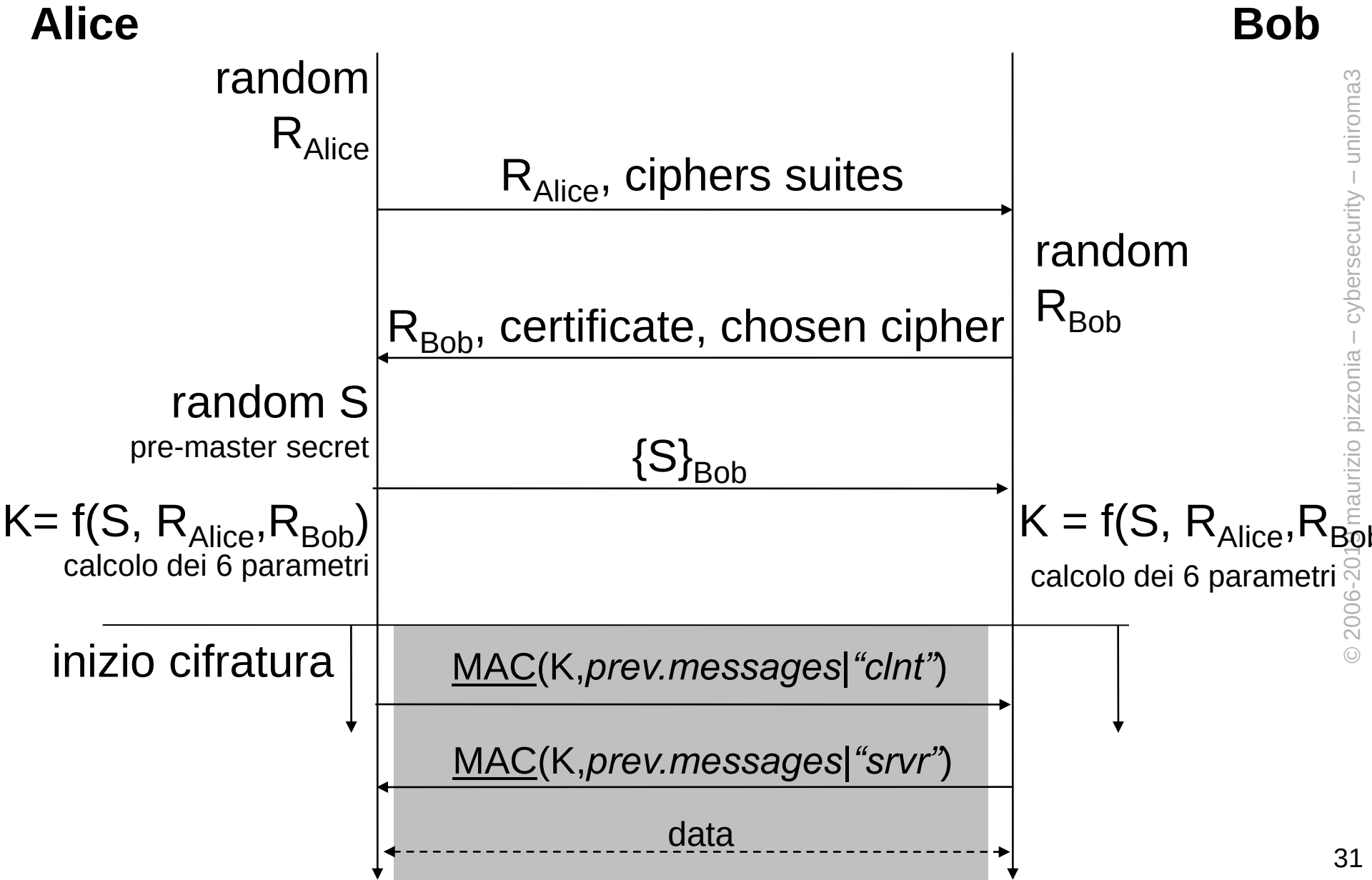
cifratura dei record



stato della connessione

- per iniziare una connessione criptata i due devono accordarsi su...
  - algoritmo di cifratura
  - hash function per HMAC
  - come scambiare “la chiave” (pre-master secret)
- ... e su i seguenti 3 segreti per ciascuna direzione (totale 6)
  - integrity protection key
  - encryption key
  - Initialization Vector (necessario per molti algoritmi di criptazione a blocchi, es. DES)
  - sono tutti calcolati a partire dal pre-master secret

scambio rsa



esercizio

- perché SSLv3/TLS inseriscono un controllo di integrità per l'handshake?

varianti

- il client può fornire un proprio certificato per essere autenticato
- diffie-hellman
  - il server interviene nella creazione di S
  - autenticato con RSA o DSS
- diffie-hellman ephimeral
  - le chiavi vengono generate per la sessione e poi dimenticate
  - forward secrecy
- session resumption

cipher suites di TLS

- una cipher suite è un insieme di algoritmi da usare per la cifratura, l'integrita, e lo scambio di chiavi
- esempio di stringa identificativa di una cipher suite

TLS_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA

chiavi scabiate con RSA

cifratura: 3DES nella variante EDE CBC

integrità: HMAC con SHA-1

chipher suites di TLS

default, usato solo per handshake

TLS_NULL_WITH_NULL_NULL

TLS_RSA_WITH_NULL_MD5
TLS_RSA_WITH_NULL_SHA
TLS_RSA_EXPORT_WITH_RC4_40_MD5
TLS_RSA_WITH_RC4_128_MD5
TLS_RSA_WITH_RC4_128_SHA
TLS_RSA_EXPORT_WITH_RC2_CBC_40_MD5
TLS_RSA_WITH_IDEA_CBC_SHA
TLS_RSA_EXPORT_WITH_DES40_CBC_SHA
TLS_RSA_WITH_DES_CBC_SHA
TLS_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA

i più usati

TLS_DH_DSS_EXPORT_WITH_DES40_CBC_SHA
TLS_DH_DSS_WITH_DES_CBC_SHA
TLS_DH_DSS_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA
TLS_DH_RSA_EXPORT_WITH_DES40_CBC_SHA
TLS_DH_RSA_WITH_DES_CBC_SHA
TLS_DH_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA

forward secrecy

TLS_DHE_DSS_EXPORT_WITH_DES40_CBC_SHA
TLS_DHE_DSS_WITH_DES_CBC_SHA
TLS_DHE_DSS_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA
TLS_DHE_RSA_EXPORT_WITH_DES40_CBC_SHA
TLS_DHE_RSA_WITH_DES_CBC_SHA
TLS_DHE_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA

TLS_DH_anon_EXPORT_WITH_RC4_40_MD5
TLS_DH_anon_WITH_RC4_128_MD5
TLS_DH_anon_EXPORT_WITH_DES40_CBC_SHA
TLS_DH_anon_WITH_DES_CBC_SHA
TLS_DH_anon_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA

deprecati perché DH non autenticato è vulnerabile a MitM

elliptic curve cryptography

- stessi algoritmi nuova definizione di gruppo
- molto più efficiente a parità di sicurezza
- da RFC4492...

Symmetric	ECC	DH/DSA/RSA
80	163	1024
112	233	2048
128	283	3072
192	409	7680
256	571	15360

esempi di cipher suites con EC

- TLS_ECDH_RSA_WITH_AES_128_CBC_SHA
- TLS_ECDH_ECDSA_WITH_AES_128_CBC_SHA
- TLS_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_CBC_SHA
- TLS_ECDH_anon_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA

ssh

- ssh è un concorrente di ssl/tls
  - v1 (vulnerabile), v2 attualmente in uso
- del tutto generale
  - usato sopratutto come telnet criptato
  - si può fare tunneling di qualsiasi cosa in ssh (opzioni –L e –R)
    - ma ora si può fare anche con ssl (vedi “stunnel”)
- companion protocols/commands
  - scp, sftp
- diffusione
  - famoso (implementazione open: openssh)
  - ampiamente supportato
  - standardizzato
    - rfc 4250-4256 e seguenti
  - supporta autenticazione RSA ma **non supporta certificati e PKI**

virtual private networks

VPN

- Internet e le reti degli ISP costano poco ma sono insicure
- le VPN sono reti private “sicure” ricavate da infrastrutture pubbliche
  - gli ISP offrono VPN con dei Service Level Agrement per garantire una certa QoS
- usate per
  - accesso da Internet alla “rete aziendale”
  - Intranet geograficamente distribuite
    - cioè collegamento di sedi distanti della stessa azienda

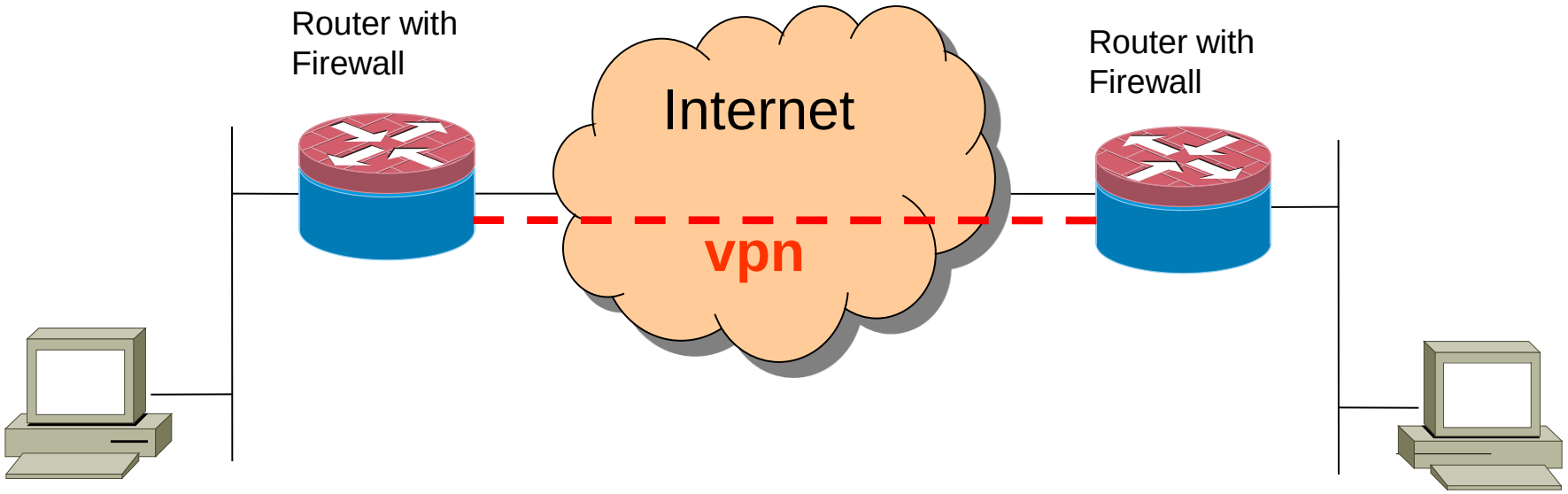
strumenti

- ssl/tls (OpenVpn),
- ssh (opzioni -L -R -W -D ecc.)
- IPsec
- altro (PPTP, L2TP/IPsec)

ipsec

- due protocolli crittografici per IP
  - Encapsulating Security Payload (ESP , rfc 4303)
    - confidenzialità (opzionale), e integrità e dei dati
  - Authentication Header (AH, rfc 4302)
    - integrità dei dati e di parte dell'header IP
    - raramente usato, non c'è motivo di autenticare l'header IP
- due modalità
  - tunnel mode
    - dati in ip(originale) in ipsec in ip(nuovo)
  - transport mode
    - dati in ipsec in ip
    - non strettamente necessario
    - più efficiente perché ha un header in meno (mtu maggiore)

ipsec tunnel mode



pacchetto originale

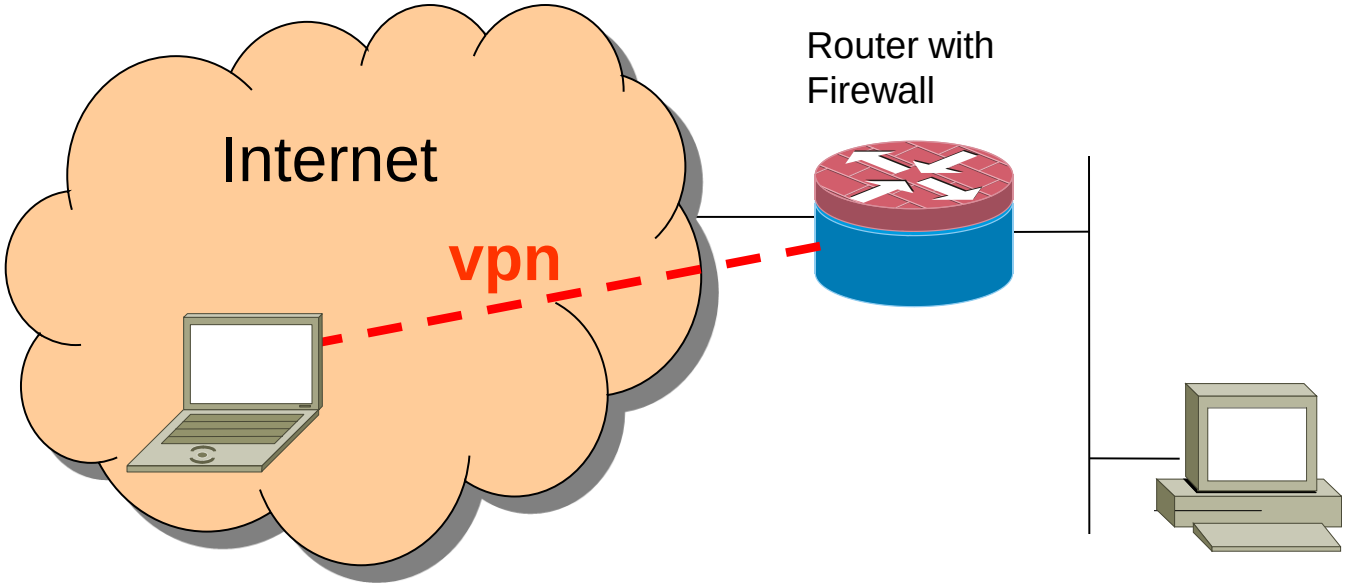
old IP Hdr	upper protocols

IP Hdr	ESP Hdr	old IP Hdr	upper protocols	ESP tr

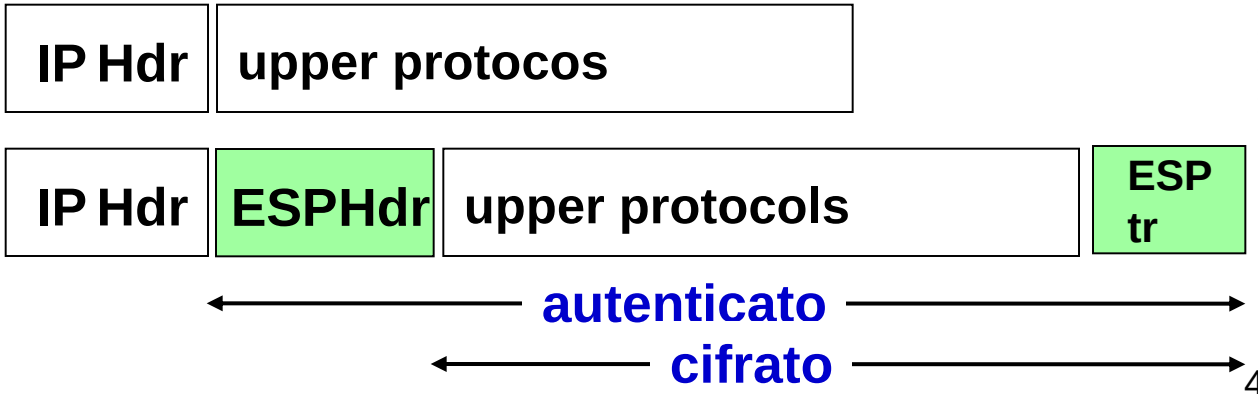
autenticato

cifrato

ipsec transport mode



pacchetto originale



concetti ipsec

- security association (SA)
  - tra due macchine (addr, addr, modo, algoritmi, chiavi, SPI)
    - spi: security parameter index
      - identifica la SA, non bastano gli indirizzi poiché più security association possono essere instaurate tra le stesse macchine
    - l'spi viene inviato negli header ipsec
- security policy
  - quali pacchetti sono ammessi per essere instradati nel tunnel

chiavi di sessione

- le chiavi di sessione possono essere configurate manualmente o automaticamente
- Internet Key Exchange (IKE)
  - autenticazione
    - supporta sia chiavi pubbliche che shared secret
  - security association
    - negoziazione degli algoritmi di criptazione e di verifica di integrità
    - scambio chiavi di sessione
  - key rollover
  - protocollo molto complesso (forse troppo)
    - v1 (rfc 2407-2409, qualche problema di sicurezza)
    - v2 proposto recentemente (rfc 4306, 4307)

pptp

- Microsoft
- Generic Routing Encapsulation (GRE, rfc 2784)
  - un protocollo per fare tunnel generici in IP
- protocollo di management del tunnel
  - tcp port 1723
  - problematico per i firewall
- ppp in gre in ip
- autenticazioni MSCHAP (basta una password) o EAP-TLS
  - challenge/response in chiaro
- crittografia opzionale
  - Microsoft Point-to-Point Encryption (MPPE)
  - RC4 chiavi 40-128 bit

L2TP/IPsec

- Microsoft
- Layer2 Trasport Protocol (L2TP)
  - derivato da ppp incapsulato in udp
  - non prevede autenticazione
- IPsec ESP transport mode
- più sicuro di pptp
  - autenticazione strong tra macchine (IPsec/IKE)
  - autenticazione di utente (su ppp ma criptata)
- poco pratico
  - richiede setup di ipsec (shared secret o certificato)
- poco efficiente
  - mtu ridotto

IP	IPsec ESP	UDP	L2TP	PPP	PPP payload

livello 2

autenticazione a livello 2 point to point

- gli estremi di una connessione ppp sono tipicamente autenticati
  - vedi connessioni dial-up e adsl
- protocolli famosi:
  - Password Authentication Protocol (PAP)
    - richieste di autenticazione con password inchiaro!
  - Challenge-Response Handshake Protocol (CHAP)
    - il server invia un challenge, il client risponde con un MAC del challenge (shared secret)
    - richiesta ripetuta durante la sessione (anti hijacking)
  - MS-CHAP— versione Microsoft di CHAP
    - lo shared secret è derivato dalla password
  - Extensible Authentication Protocol (EAP)

EAP

- RFC 3748
- framework per la negoziazione di meccanismi di autenticazioni arbitrari
- prevede una negoziazione del metodo di autenticazione
  - metodi diversi prevedono protocolli di autenticazione diversi (e quindi una sequenza di messaggi diversa)
- eap methods (sono oltre 40)
  - es. eap-md5: autenticazione one-way,
  - es. eap-tls: usa tecniche simili a tls
- è possibile il supporto per token card, dispositivi biometrici, OneTimePasswords, Smart Card, certificati digitali …

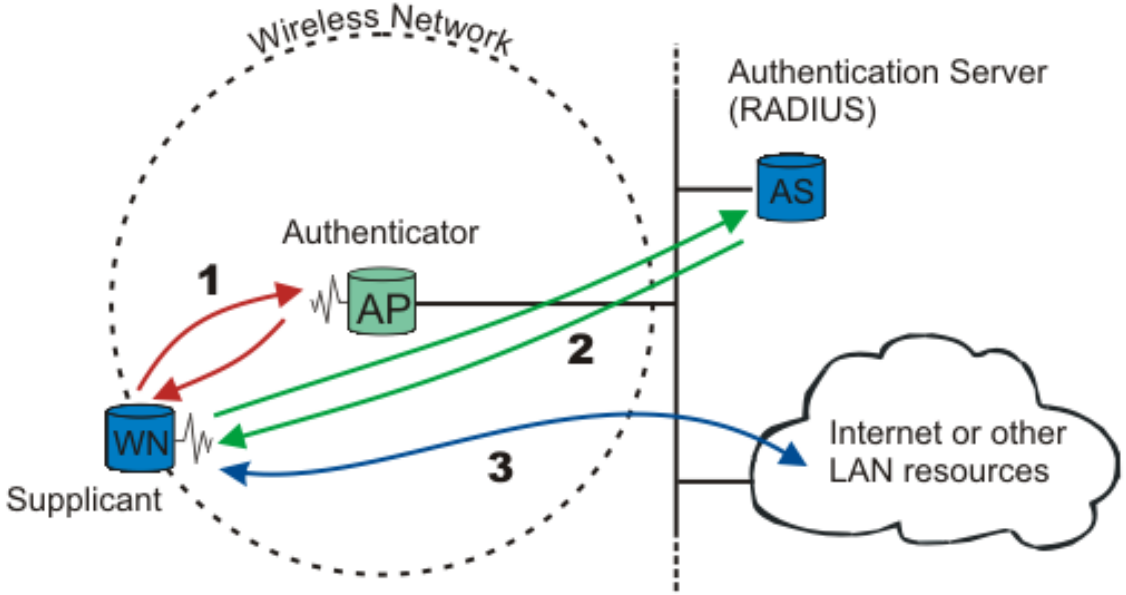
autenticazione a livello 2 per LAN

- ieee 802.1X
- è un modo di incapsulare EAP in frame su LAN
  - detto anche EAPoL (EAP over LAN)
- il server è tipicamente un apparato di rete
  - switch
  - access point
  - ...
- scomodo avere uno user db in un apparato di rete...

radius

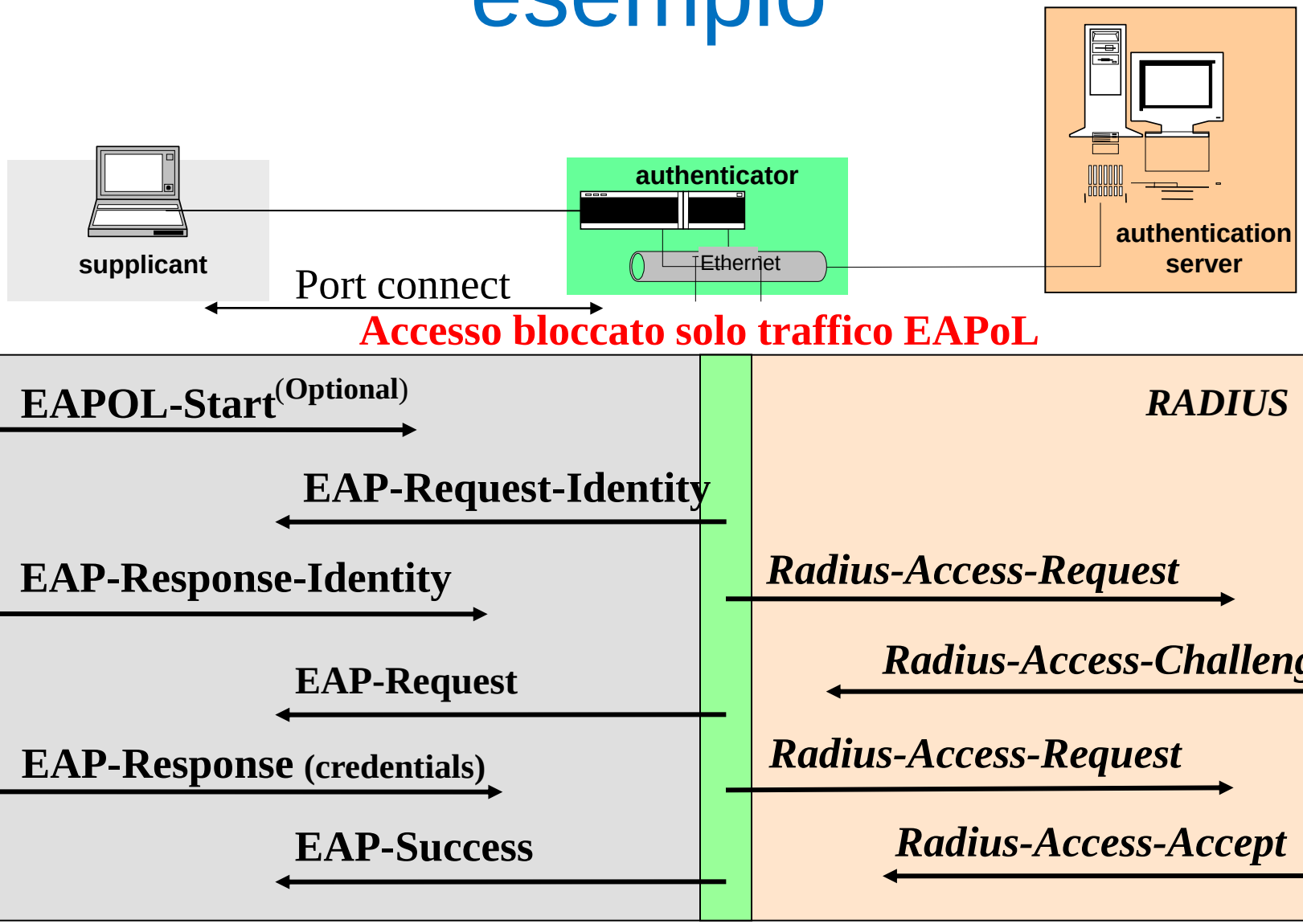
- rfc 2865, rfc 2866
- su udp
- supporto per EAP (rfc 3579)
- elementi
  - User (pc, laptop, telefono, ecc)
  - Radius server
    - autorizza o meno l'accesso alla rete
  - User database
    - ldap, dbms, ecc
  - Network Access Server (NAS, client del radius server)
- protocolli analoghi e concorrenti
  - diameter (rfc 6733)
  - tacacs, tacacs+ (più vecchi)

802.1X e radius



- supplicant (user) usa EAPoL con l'autenticator (in questo caso un access point che fa da NAS)
- l'autenticator passa i messaggi EAPoL al autentication server usando RADIUS e il supporto per EAP
- quando l'autenticator riceve la conferma dall'autentication server che il supplicant è autenticato allora permette al traffico del supplicant di raggiungere la rete

esempio



wireless

- wep (obsoleto e vulnerabile)
  - rc4 (40bit key, 24bit iv), integrity con crc-32
- wpa
  - ha bisogno IEEE 802.1X server
    - distribuisce pre-shared secret diversi a ciascun utente, mutua autenticazione
  - rc4 (128bit key, 40bit iv)
  - key rollover
  - integrity con mac e frame counter (no replay attack)
- 802.11i (wpa2)
  - evoluzione di wpa
  - tra le altre cose usa AES

altre applicazioni

posta elettronica

- pretty good privacy (PGP)
  - obsoleto
- Privacy Enhanced Mail (PEM)
  - IETF, obsoleto
  - usato come formato file (.pem)
- S/MIME (rfc 3850-3851)
  - creato da RSA
  - mime (rfc 2045-2049) + pkcs#7
- Posta Elettronica Certificata
  - in italia ha lo stesso valore legale di una raccomandata con ricevuta di ritorno

documenti crittografati

- criptati con una chiave simmetrica S
- S è cifrata con la chiave pubblica di ciascun soggetto autorizzato alla lettura
  - S/MIME
    - più destinatari ciascuno con la sua chiave pubblica
  - EFS (encrypted filesystem windows XP)
    - chiave privata e pubblica associata all'utenza
      - chiave privata è persa quando l'utenza viene cancellata
    - più soggetti possono essere autorizzati alla lettura di un file (agente di recupero)

confidenzialità dei files

- criptazione a livello di
  - file
  - directory
  - filesystem
  - disco
- windows: encrypted filesystem (EFS)
  - più utenti possono aprire un file criptato
  - encryption/decryption trasparente all'utente durante l'uso del file
  - disponibili servizi commerciali per decrittare senza chiave
- Window Vista: BitLocker
  - a livello di disco
  - basato su TPM
- linux
  - encfs,ecryptfs,fscrypt: directory level
  - raiser4, ZFS: filesystem level
  - dm-crypt: partition level

one time passwords (OTP)

- poiché la password può essere rivelata facciamo in modo che si possa usare una sola volta
- generazione di un insieme di passwords
  - Lamport: h(p), h(h(p)), h(h(h(p))), ...
  - le passwords vengono chieste a partire dall'ultima
  - sniffare un telnet o vedere un login non aiuta a entrare nel sistema
    - l'utente deve tenere privato l'insieme di passwords!
  - per ciascun utente si memorizza l'hash dell'ultima password
- time-synchronized OTP
  - dispositivo hardware con clock sincronizzato con il server
  - genera password che dipendono dal tempo