Università degli Studi di Trieste

Corso di Laurea Magistrale in
INGEGNERIA CLINICA

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

Dipartimento di
Ingegneria e Architettura

Reti di calcolatori: Applicazioni e Sicurezza

Corso di Informatica Medica

Docente: Aleksandar Miladinović

Questa presentazione è stata realizzata, in parte o interamente, basandosi sulle slide fornite dal Prof. Francesco Brun.

La sicurezza nelle reti

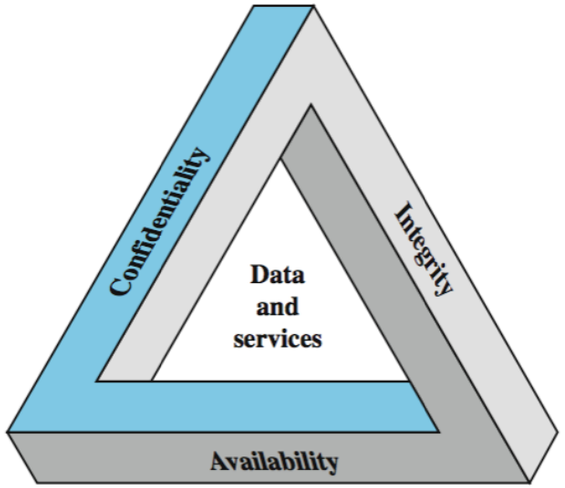
- La sicurezza nelle reti è un problema complesso e implica **proteggere** le risorse:
  - Hardware di livello applicativo (server, dischi, …)
  - Software
  - Dati
  - Apparati di rete (cavi, switch e router)

- È fondamentale però rispondere alle domande:
  - Cosa significa «proteggere» le risorse?
  - In che modo tali risorse sono minacciate?
  - Cosa bisogna fare per contrastare tali minacce?
  - Quali strumenti ci sono per contrastare tali minacce?

- Inevitabilmente bisognerà trovare un compromesso tra quali risorse è prioritario proteggere e qual è il **costo** necessario per farlo

Cosa significa «proteggere»

- Proteggere significa garantire:
  - **Riservatezza / Confidenzialità**
  - **Integrità**
  - **Disponibilità dei servizi**



- In molti contesti può significare anche in aggiunta:
  - **Autenticità**
  - **Tracciabilità**

- Ognuno di questi aspetti ha un significato specifico e le relative minacce verranno affrontate con strumenti specifici

Minacce e attacchi

- Una **minaccia** è una **possibile** violazione della sicurezza
- La violazione **effettiva** è chiamata **attacco**

- Gli attacchi possono essere di vario tipo. È interessante ricordare che possono essere:
  - **Interni**: iniziati da un'entità interna al sistema
  - **Esterni**: iniziati da un'entità esterna tramite la rete Internet

- Può sembrare strano, ma è opportuno considerare l'ipotesi di minacce provenienti da membri interni all'organizzazione/rete che si vuole proteggere
- Spesso alcuni attacchi sono partiti (inconsapevolmente) da dipendenti/utenti interni
- Minacce sono anche dovute ad **eventi accidentali** (es. guasto di un disco)

Confidenzialità / Riservatezza

- Solo il mittente ed il destinatario “legittimo” dovrebbero essere in grado di comprendere il contenuto del messaggio
- Nessun utente deve poter ottenere o dedurre dal sistema informazioni che non è autorizzato a conoscere
- Se informazioni confidenziali risultano rilevabili da utenti non autorizzati allora c’è un problema di riservatezza

- Confidenzialità (o privacy) implica anche poter controllare **quali informazioni** possono essere collezionate o memorizzate (es. cookie nel mondo web)

Integrità

- Mittente e destinatario desiderano essere certi che i messaggi scambiati non siano **alterati** da una terza parte senza che se ne accorgano
- Impedire l'alterazione diretta o indiretta delle informazioni, sia da parte di utenti e processi non autorizzati, che a seguito di eventi accidentali

- Sono necessari strumenti per potere verificare facilmente che un dato è stato alterato in modo non autorizzato

Disponibilità

- I servizi offerti in rete devono essere protetti da eventuali **attacchi che hanno il solo scopo di interrompere il servizio**
- Questo implica rendere disponibili a ciascun utente abilitato le informazioni alle quali ha diritto di accedere, nei tempi e nei modi previsti

- Nei sistemi informatici i requisiti di disponibilità si traducono in **prestazioni** e **robustezza** dell'hardware applicativo e degli apparati di rete

- Es. il sistema informativo (e informatico) di un ospedale dev'essere attivo 24/7
- Nel mondo commerciale un servizio non disponibile implica perdere clienti

Autenticità e tracciabilità

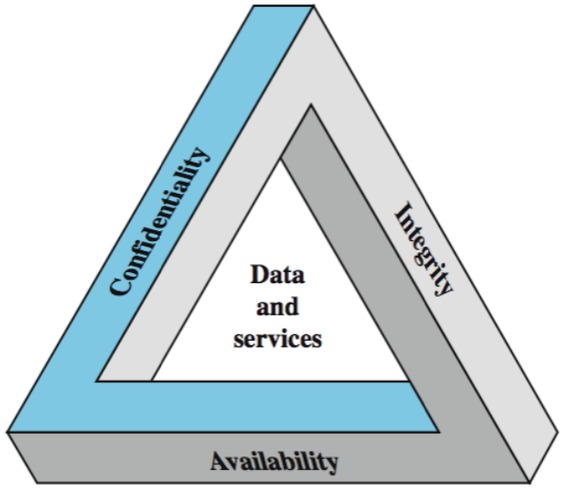
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

- **Autenticità** significa che mittente e destinatario di una comunicazione/messaggio desiderano essere reciprocamente sicuri dell'identità della controparte
  - Si vuole in sostanza che la controparte sia realmente chi dice di essere
  - L'autenticità è un concetto diverso dalla confidenzialità
  - Ad es. uno sportello bancomat presuppone che chi è in possesso della scheda bancomat e conosce il PIN è autorizzato a effettuare un prelievo

- **Tracciabilità** implica che le azioni di un'entità devono essere tracciate in modo univoco in modo tale da supportare la non-ripudiabilità e l'isolamento delle responsabilità
  - Ad es. nessun utente deve poter negare in tempi successivi di aver spedito un certo messaggio

Cosa significa «proteggere»

- Proteggere significa garantire:
  - **Riservatezza / Confidenzialità**
  - **Integrità**
  - **Disponibilità dei servizi**

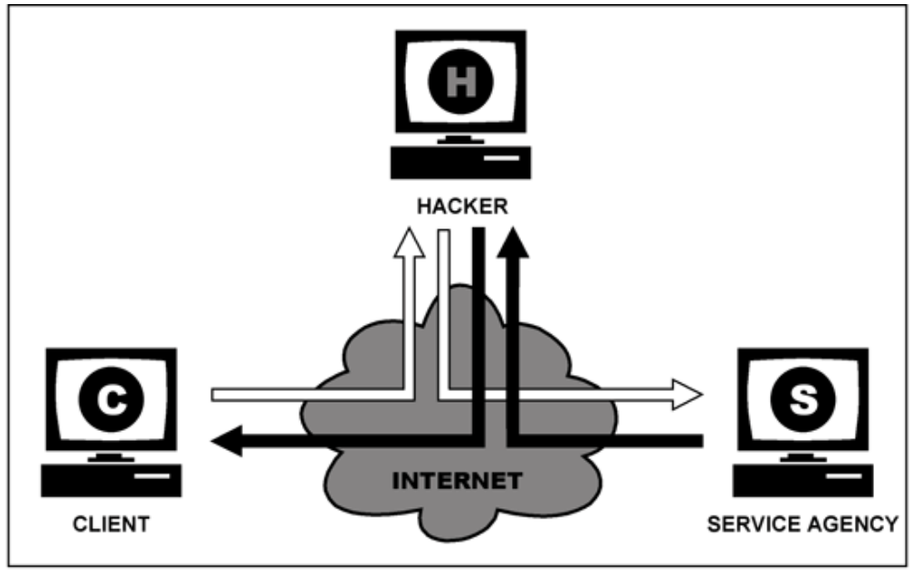


- In molti contesti può significare anche in aggiunta:
  - **Autenticità**
  - **Tracciabilità**

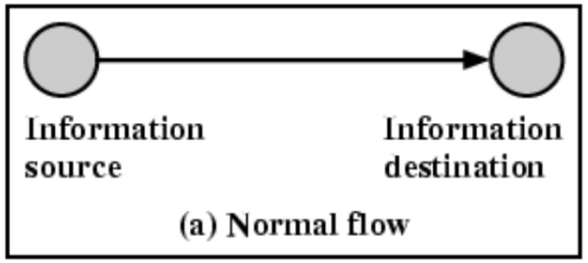
- Ognuno di questi aspetti ha un significato specifico e le relative minacce verranno affrontate con strumenti specifici

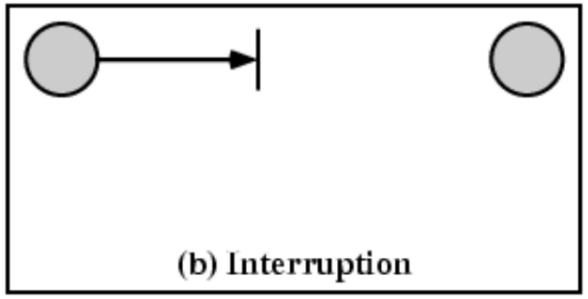
Attachi informatici

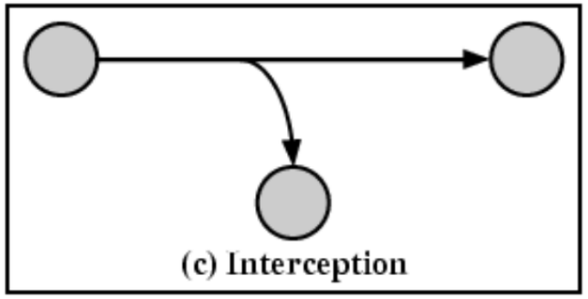
- Supponiamo che due parti intendano comunicare in maniera sicura attraverso la rete
- Una terza parte può ascoltare (stando "in mezzo") i messaggi scambiati ed eventualmente alterarli, cancellarli o crearne di falsi o impersonando una delle due parti

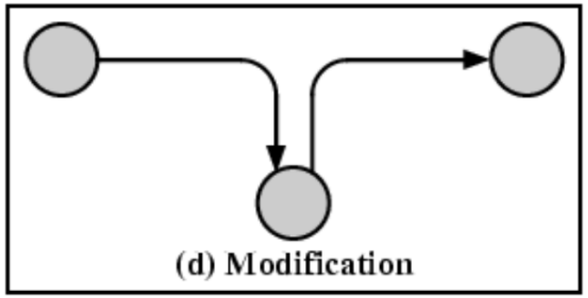


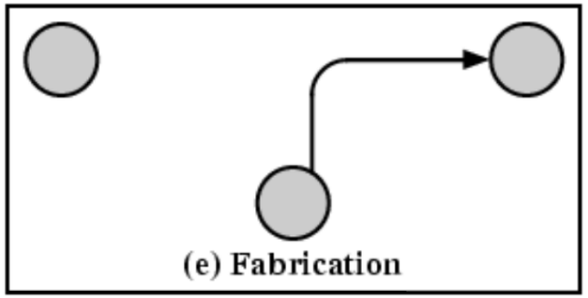
Esempi di attacco











Esempi di attacco

La terza parte "attaccante" (**hacker**) può:

- ascoltare/intercettare i messaggi inviati (**sniffing**)
- inserire messaggi fasulli nel flusso della comunicazione (**spoofing**) anche al fine di fingere di essere una delle due parti
- dirottare la comunicazione, piazzandosi “in mezzo”, ad es. fingendo con una parte di essere l'altra e viceversa (**hijacking** e **man-in-the-middle**)
- impedire al servizio offerto di essere utilizzabile (es. sovraccaricando le risorse del servizio) (**denial of service**)

Ognuno di questi attacchi richiede strategie di difesa specifica

Cosa bisogna fare per contrastare le minacce?

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

- Questa è la domanda più difficile e la risposta può variare
- Nuovi minacce e nuove debolezze possono nascere col tempo
- Le risorse da proteggere sono sistemi complessi composti da sotto-sistemi
  - Trovare il compromesso tra sicurezza del sistema e sicurezza dei suoi componenti

- Manca soprattutto una **“cultura” della sicurezza informatica**
- La sicurezza non viene percepita come un beneficio
  - Fino a quando non avviene un incidente di sicurezza
- Per molti utenti è percepita come un rallentamento delle performance
  - Es. cambiare password periodicamente è “scomodo” o “noioso”
- Per molti manager è percepita come un costo non necessario

Quali strumenti ci sono per contrastare tali minacce?

- Nell'**uso delle reti** si possono incontrare in varie forme tecniche di:
  - Autenticazione
  - Crittografia
  - Firma digitale

  Queste tecniche possono anche essere combinate tra loro

- Nella **progettazione delle reti** si possono utilizzare soluzioni di:
  - Isolamento degli apparati di rete (es. DMZ)
  - Controllo e monitoraggio degli accessi
  - Ridondanza dei sistemi

- In queste diapositive ci concentriamo sulle tecniche che incontriamo come utenti di una rete di calcolatori (quindi crittografia, firma digitale, …)

Tecniche per garantire autenticazione

- Obiettivo: garantire l'identità degli interlocutori
- Una prima tecnica è basarsi su qualcosa che l'utente:
  - **Conosce** (es. password, PIN)

  - **Possiede** (un badge, una smart card)

  - **È** (es. impronta digitale o dell'iride)

Tecniche per garantire autenticazione

- Per **un'autenticazione più forte** si possono combinare diversi fattori
  - Qualcosa che si possiede e si conosce

+ PIN

  - Qualcosa che si possiede e si è

+

Autenticazione a username e password

- Il metodo di autenticazione più semplice è quello basato su username e password
  - L'utente inserisce un nome che lo identifica (lo username), solitamente non segreto (talvolta il suo indirizzo email), e una parola segreta (la password)
- Attacchi possibili:
  - Intercettazione (se la password passa in chiaro)
  - Guessing/cracking
    - ✓ si può fare un attacco a pura forza bruta...
    - ✓ o più spesso un "**attacco a dizionario**", provando parole di senso compiuto (o loro minime variazioni)
- Una password dovrebbe essere lunga, non essere una parola di senso compiuto, dovrebbe essere cambiata di frequente e diversa da quella usata per altri servizi
  - Ma questo si scontra con la "comodità" e la "pigrizia" degli utenti...

One-time password (OTP)

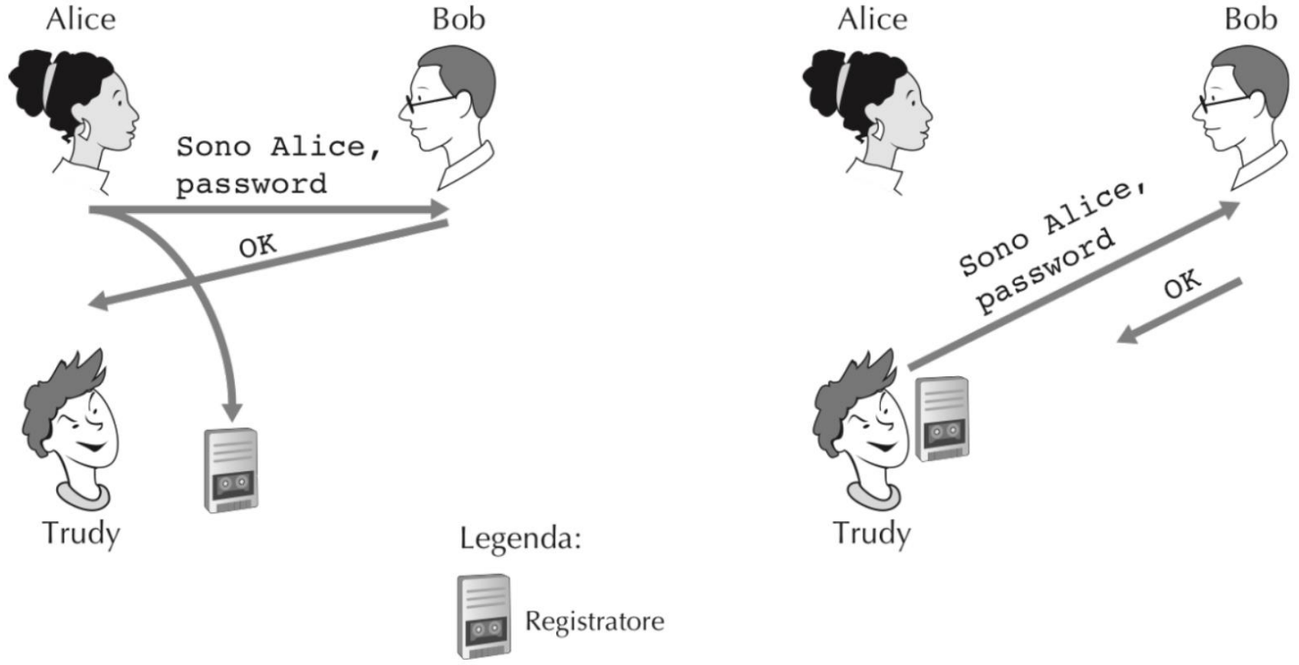
- Con il termine “one-time password” ci si riferisce a sistemi in cui viene generata una **nuova password ad ogni accesso** da parte dell’utente, per risolvere il problema dell’intercettazione
- Queste password “monouso” vengono generate sulla base di un contatore (esiste quindi una sequenza di password successive) o più spesso sulla base dell’istante temporale
- Spesso i sistemi one-time password si appoggiano:
  - su “token”, dispositivi hardware che forniscono all’utente la password da inserire

  - SMS inviato su cellulare dell’utente

- Spesso la one-time password viene utilizzata congiuntamente ad un PIN

Autenticazione + crittografia

- La sola autenticazione mediante username, password e/o OTP non è sufficiente
- Un attaccante potrebbe registrare e replicare il meccanismo di autenticazione



- Una strategia migliore è fare in modo che l'autenticazione avvenga su un **canale sicuro**

Crittografia

- Il problema da risolvere è: dato un messaggio che sembra provenire da un utente, come posso essere sicuro che esso arriva *effettivamente* da tale utente?

- L'idea è: invece di trasmettere il messaggio (es. la password) in chiaro ne viene trasmessa una **versione "indecifrabile"** per tutti o, se serve, decifrabile solo dal destinatario

Garibaldi fu ferito
fu ferito ad una gamba
Garibaldi che comanda
che comanda il battaglion!

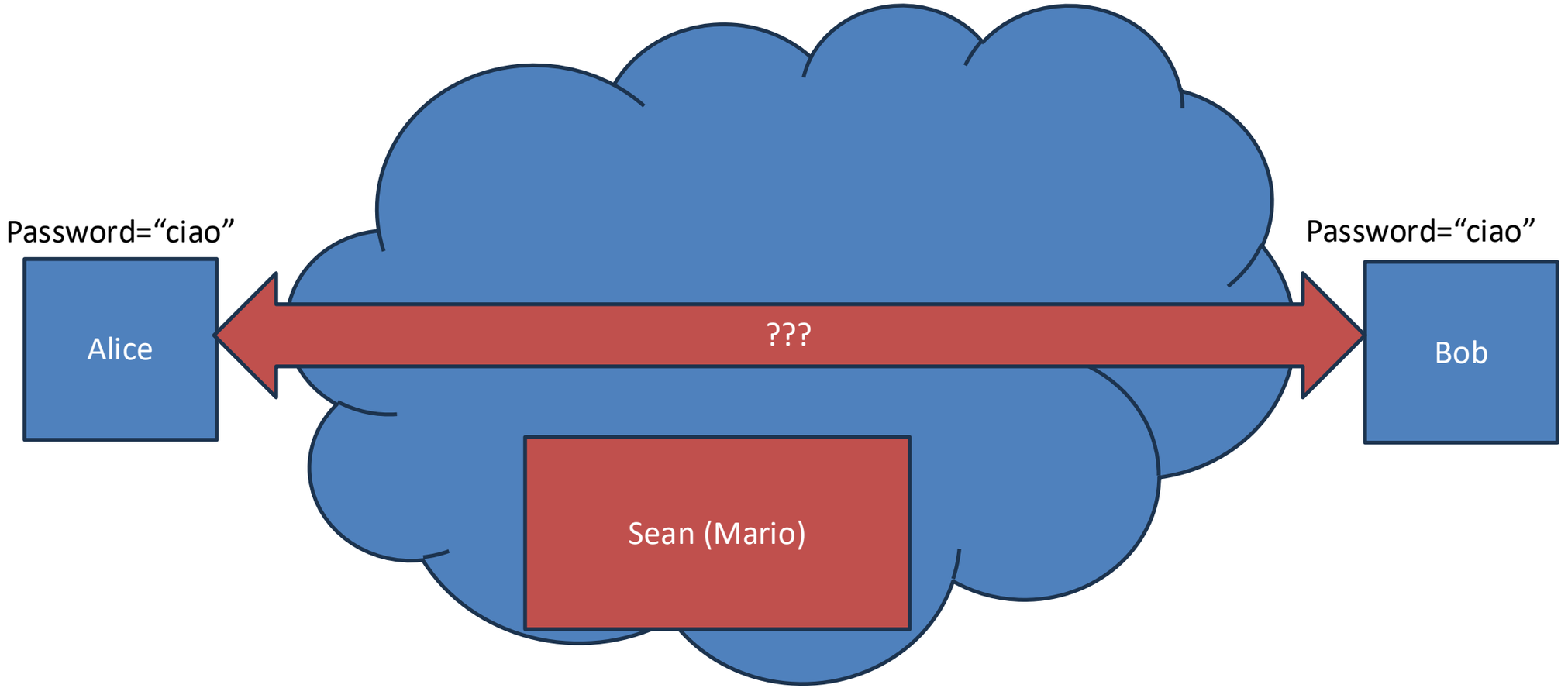
Goroboldo fo foroto
fo foroto od ono gombo
Goroboldo co comondo
co comondo ol bottogloon

Crittografia asimmetrica

- Ci piacerebbe un metodo di crittografia tale da consentire di decifrare un messaggio e per il quale non ci si deve scambiare un “segreto” (o chiave) tra le due parti
- Una soluzione è la crittografia asimmetrica.
- Ogni partner di comunicazione dispone di una **coppia di chiavi**:
  - chiave pubblica (*public key*)
  - chiave privata (*private key*)
- Le chiavi sono tenute insieme tramite un “**portachiavi**” che unisce le due chiavi attraverso un algoritmo matematico:
  - I dati crittografati con la chiave pubblica possono essere decrittati solo con la chiave privata
  - La chiave privata è realmente tale, ovvero non dev’essere nota ad altri
  - La chiave pubblica viene invece distribuita

Diffie-Hellman Key Exchange: How to Share a Secret

https://www.youtube.com/watch?v=85oMrKd8afY


Password="ciao"
Alice
???
Password="ciao"
Bob
Sean (Mario)

Crittografia asimmetrica

- Il principio di utilizzo è Il mittente codifica il suo messaggio con la **chiave pubblica del destinatario** e invia questo "testo segreto" al destinatario
- Dal momento in cui viene crittografato, questo messaggio può essere decodificato solo dal destinatario con la sua chiave privata
  - Per questo motivo, il canale di scambio è in linea di principio liberamente selezionabile: se anche il messaggio crittografato viene intercettato, l'utente malintenzionato non potrà accedere al suo contenuto

- Il principale algoritmo di crittografia asimmetrica è denominato **RSA**
- Sfrutta un principio matematico basato sull'elevata complessità computazionale della fattorizzazione in numeri primi

(vedi il video su Asymmetric Encryption)

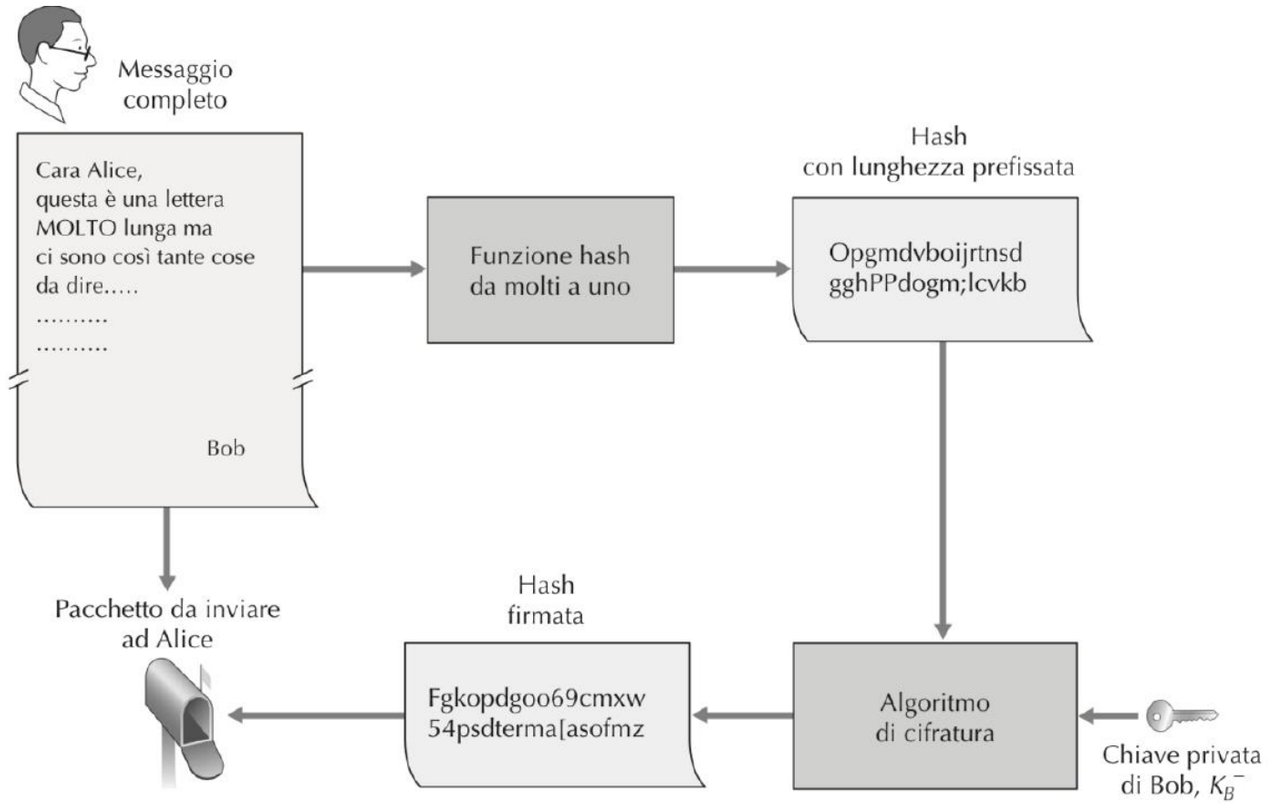
Digital certificate / electronic certificate

Certification Authority (CA)

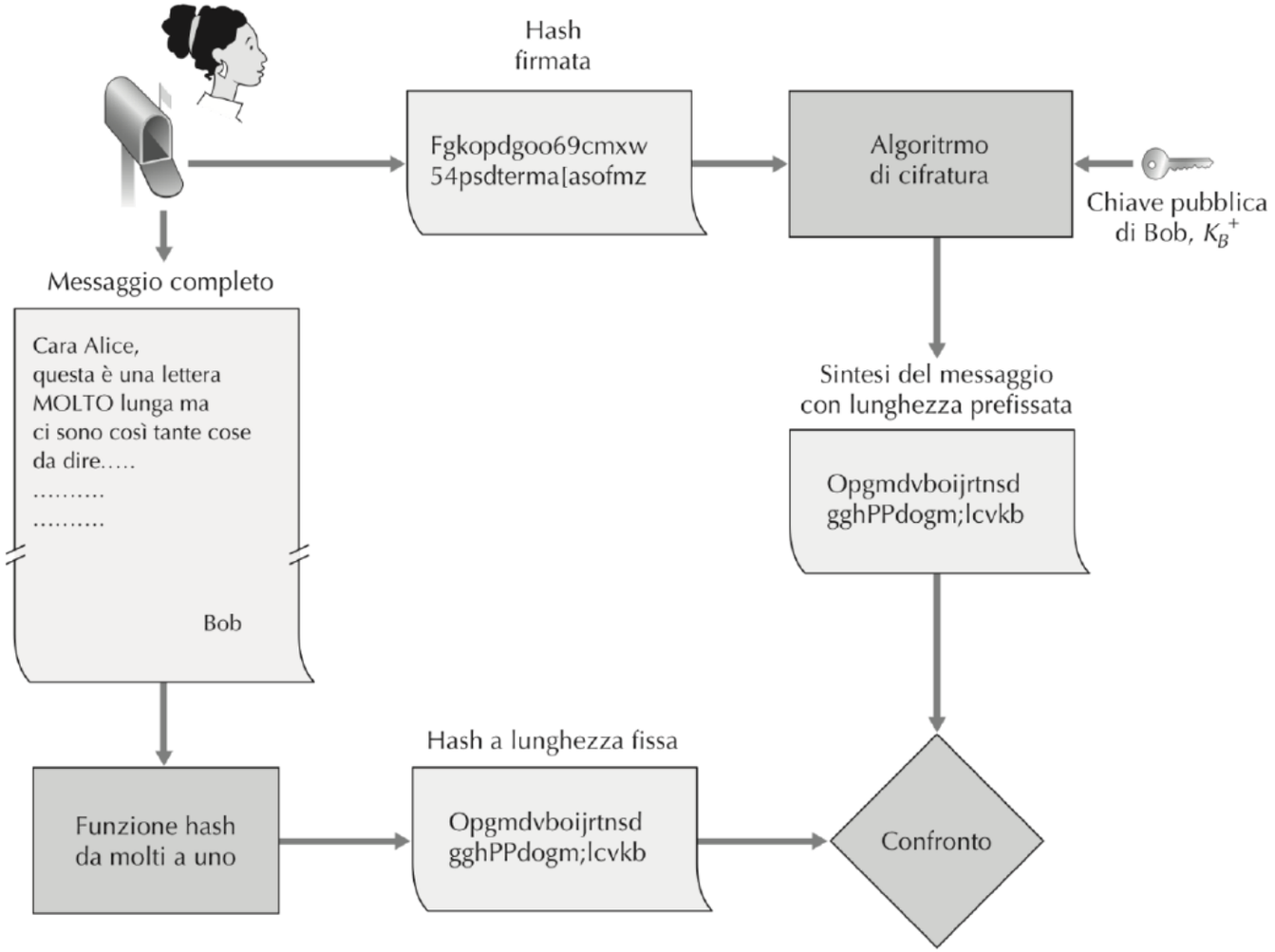
Operating System contains Root Certificates contains public key

«Firma digitale»

- La crittografia asimmetrica può essere utilizzata anche dal mittente per garantire la sua identità (firma digitale)

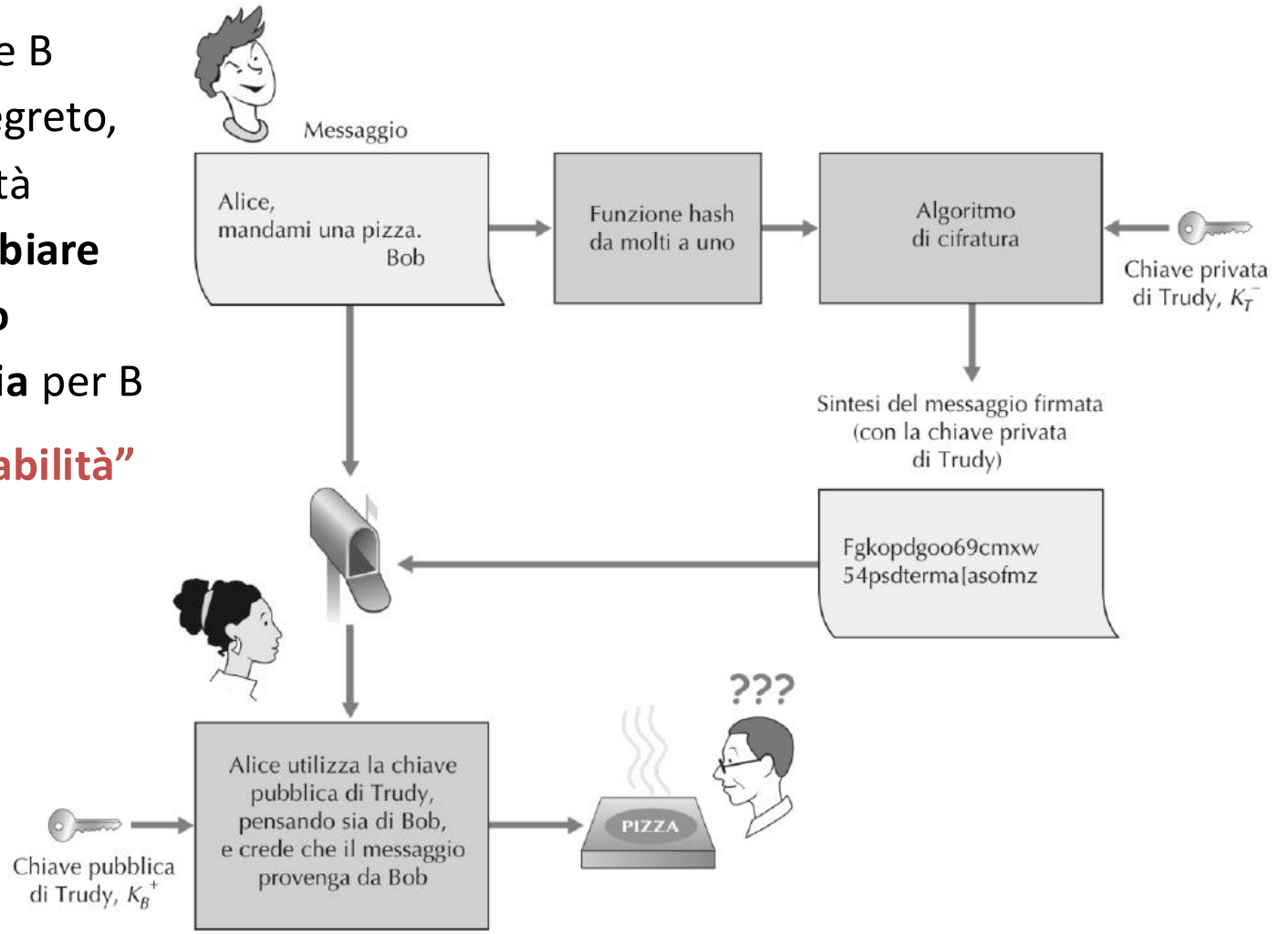


«Firma digitale: destinatario»



Certification Authority (CA)

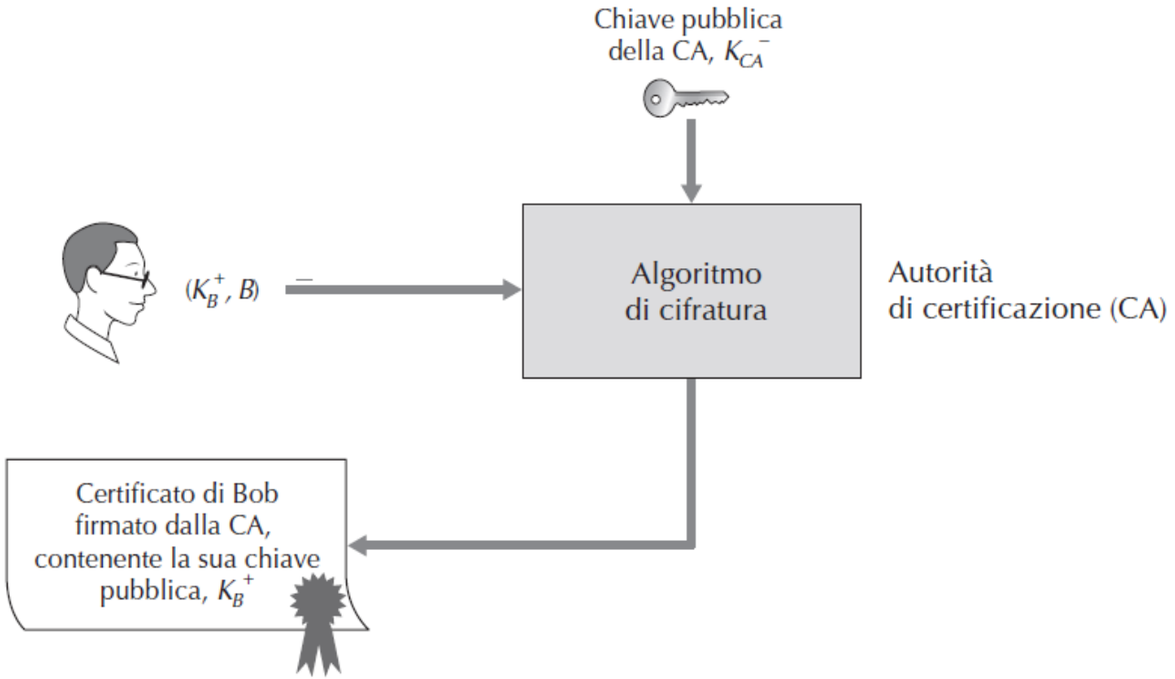
- Per quanto due utenti A e B possano scambiare un segreto, non è garantita autenticità perché A **potrebbe scambiare la chiave con un perfetto sconosciuto che si spaccia** per B
- Serve una sorta di **"affidabilità" delle chiavi pubbliche**



Certification Authority

- È necessaria la **certificazione** della chiave pubblica
  - Utenti, browser, router e così via devono avere la certezza che la chiave pubblica sia proprio quella del corrispondente

- Sono nate autorità di certificazione (**CA, certification authority**):
  - Hanno l'incarico di convalidare l'identità ed emettere certificati
  - Es. Infocert, Poste Italiane, Aruba,



Funzione hash

- In linea di principio per rendere un messaggio decifrabile solo tra due utenti è necessario che questi due utenti si siano preventivamente scambiati la chiave per decifrare il messaggio
- Se le due parti si sono già scambiate la chiave per decifrare in qualche modo (con qualche altro mezzo) la cosa, in linea di principio, funzionerebbe

- Il problema però è: **come ci si può scambiare la chiave sullo stesso canale che si vuole utilizzare per comunicare**?

- Una prima osservazione da fare però è: il destinatario deve sempre e comunque decifrare il messaggio?
  - Per es. una password non deve essere nota e trasmessa «in chiaro»
  - Tipicamente si salva e/o trasmette un **hash** della password

Funzione hash

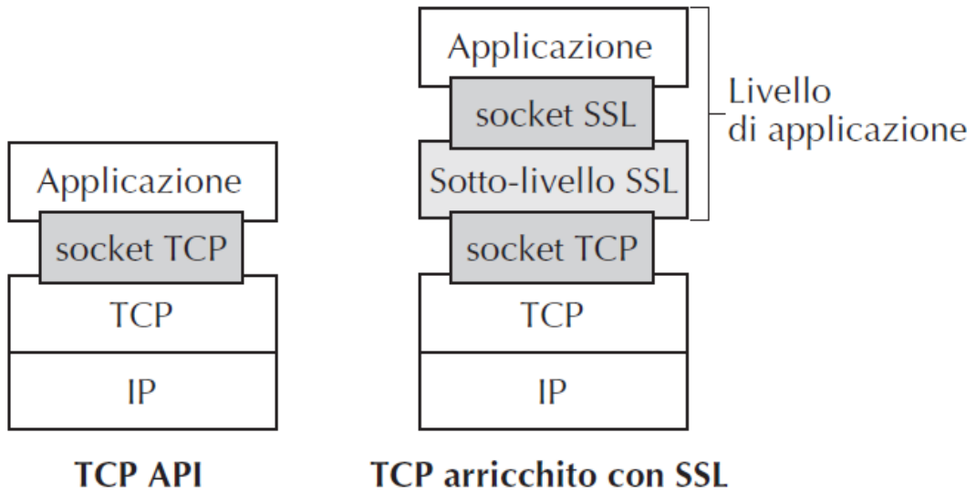
- Una funzione hash trasforma un messaggio di lunghezza arbitraria in output di lunghezza fissa chiamato hash o digest del messaggio originale mediante algoritmi che hanno le seguenti proprietà:
  - **Coerenti**: ad input uguali corrispondono output uguali
  - **Casuali**, o apparire tali: per impedire l'interpretazione accidentale del messaggio originale
  - **Univoci**: la probabilità che due messaggi generino il medesimo hash deve essere virtualmente nulla
  - **Non invertibili**: risalire al messaggio originale dall'output deve essere impossibile

- Piuttosto che salvare/trasmettere la password si salva/trasmette la sua hash
- Questa è già una prima soluzione per evitare di trasmettere "in chiaro"
  - Intercettare la hash consente però comunque di impersonare l'utente

Secure sockets layer (SSL) e HTTPS

- Versione di **TCP arricchita** con servizi di sicurezza per offrire riservatezza, integrità dei dati e autenticazione del client e del server
- Protocollo progettato inizialmente con il nome di SSL poi diventato TLS
- Nel web viene usato SSL quando l'URL inizia con **https://** anziché http://
- Il certificato del server a cui ci si connette deve provenire da una CA di cui ci si fida

- Il tutto si inserisce in un contesto denominato public key infrastructure (PKI) che implica quindi l'esistenza di CA, chiavi, ecc…

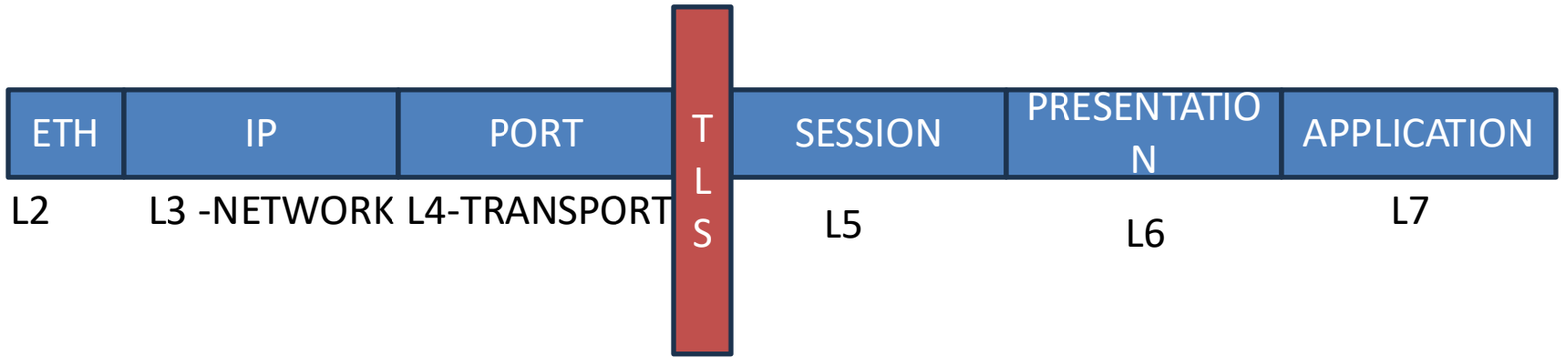


Posta elettronica: sicurezza

- La posta elettronica fu mal ingegnerizzata dal punto di vista della sicurezza
- La password di posta è trasmessa "in chiaro"
  - Anche in questo caso viene utilizzato SSL in combinazione con i protocolli di posta

- La posta elettronica fu pensata come la posta ordinaria
- Per spedire una lettera **non è obbligatorio il mittente**
  - Specificate il destinatario, aggiungete un francobollo e imbucate…

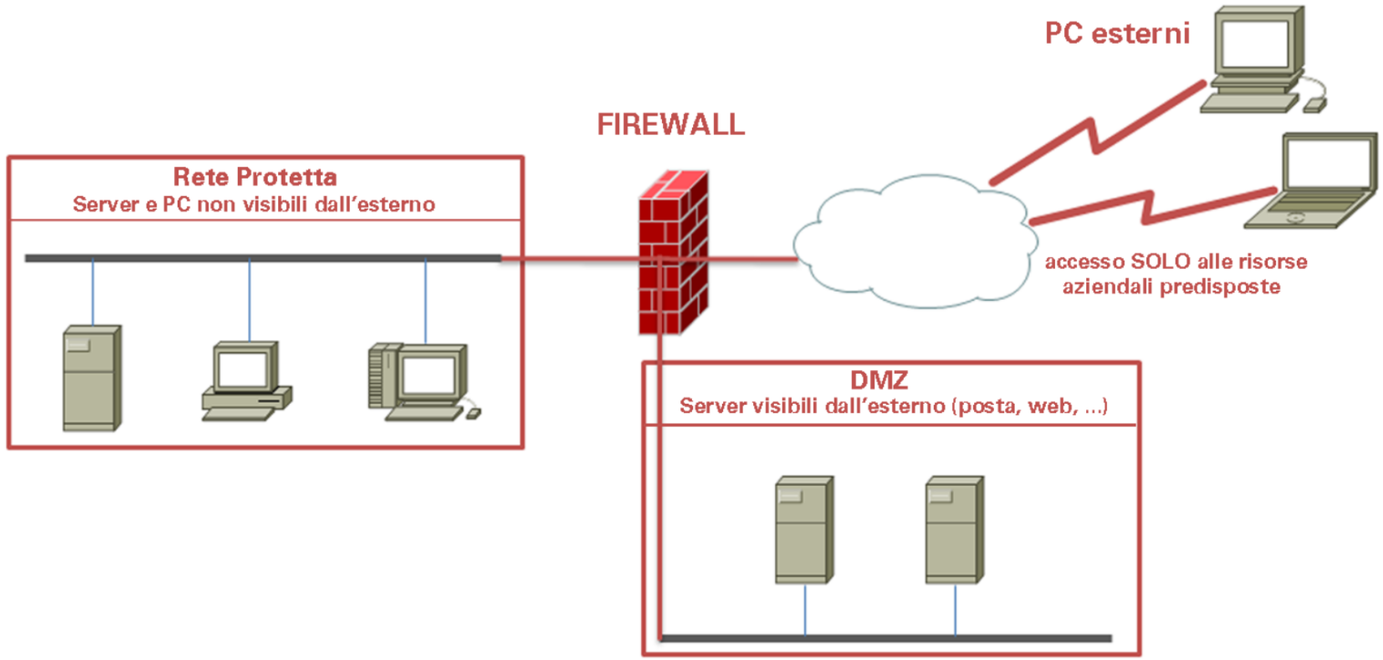
- La posta elettronica allo stesso modo non impone di specificare il mittente
- Si può mentire sul mittente o impersonare fraudolentemente un vero mittente
  - Nascono lo **spam**, il **phishing** e altre minacce informatiche trasmesse via e-mail



TRANSPORT LAYER SECURE

Firewall

- Letteralmente: “muro tagliafuoco”
- Si tratta dell’**insieme di apparati e soluzioni** solitamente disposti all’interfaccia tra la rete locale e la rete Internet per garantire la sicurezza della rete



Firewall: obiettivi

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

- **Controllare il traffico** di rete:
  - permettendo solo quello autorizzato dalle politiche di sicurezza
  - rilevando e segnalando eventuali tentativi di violazione della politica di sicurezza
  - svolgendo eventualmente funzioni aggiuntive di monitoraggio

- **Separare** risorse potenzialmente compromissibili da quelle sensibili:
  - **rete interna**: conosciuta e ritenuta affidabile con le risorse più critiche (*trusted*)
  - **rete perimetrale** (*DMZ, DeMilitarized Zone*): contenente le risorse meno critiche
  - **rete pubblica/esterna** (*untrusted*)

- Realizzare architetture di rete modulari con policy di sicurezza diverse

Firewall: funzionamento

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

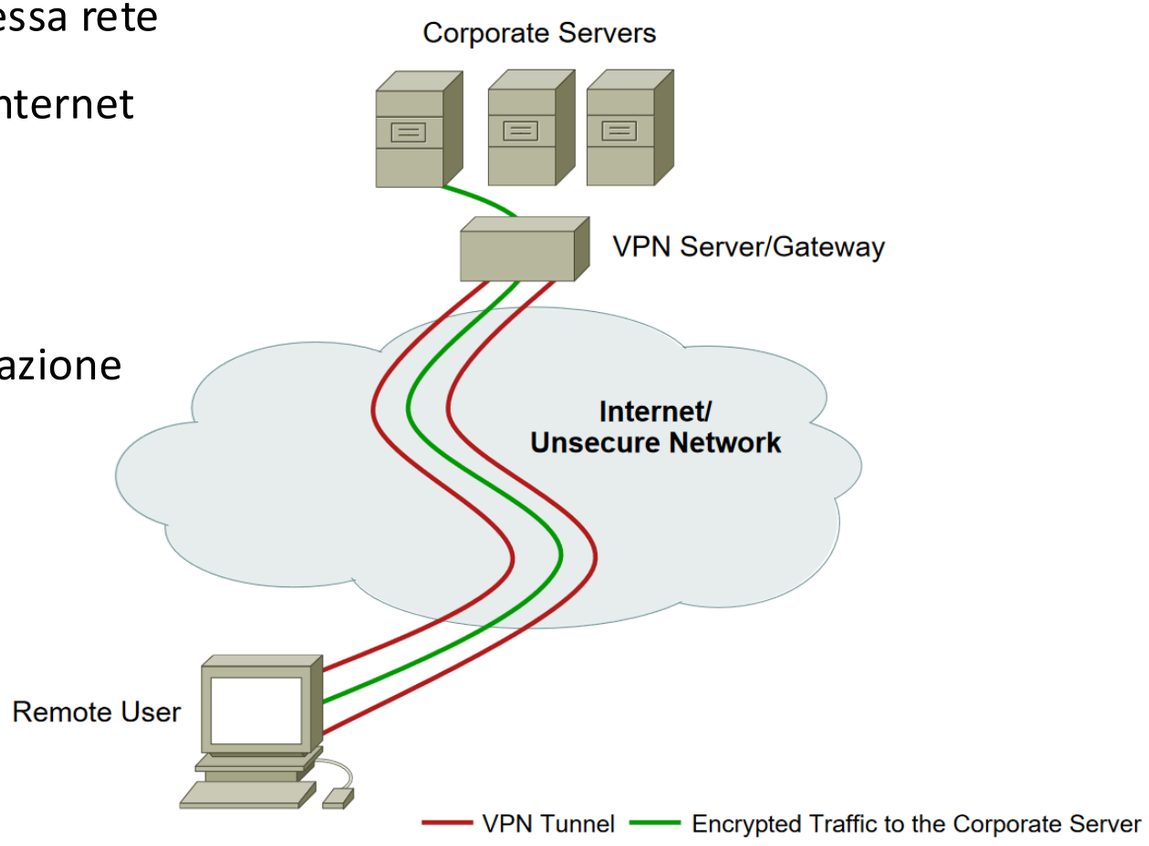
- Un firewall «filtra» il traffico entrante e valuta se inoltrarlo ai nodi interni o bloccarlo
- L'amministratore della rete definisce la *Access Control List (ACL)* specificando quale traffico è permesso e quale è bloccato (*firewall rules*)

Rule #	Type	Protocol	Port Range	Source	Allow / Deny
1	All ICMP	ICMP (1)	ALL	0.0.0.0/0	ALLOW
100	HTTP (80)	TCP (6)	80	0.0.0.0/0	ALLOW
200	HTTPS (443)	TCP (6)	443	0.0.0.0/0	ALLOW
300	SSH (22)	TCP (6)	22	0.0.0.0/0	ALLOW
1000	Custom TCP Rule	TCP (6)	1024-65535	10.0.0.0/16	ALLOW
*	ALL Traffic	ALL	ALL	0.0.0.0/0	DENY

VPN (*Virtual Private Network*)

- Obiettivo: far comunicare due nodi privati come se fossero sulla stessa rete pur essendo sparsi per la rete Internet

- Motivazioni:
  - Sedi dislocate di un'organizzazione
  - Telelavoro
  - Mobilità

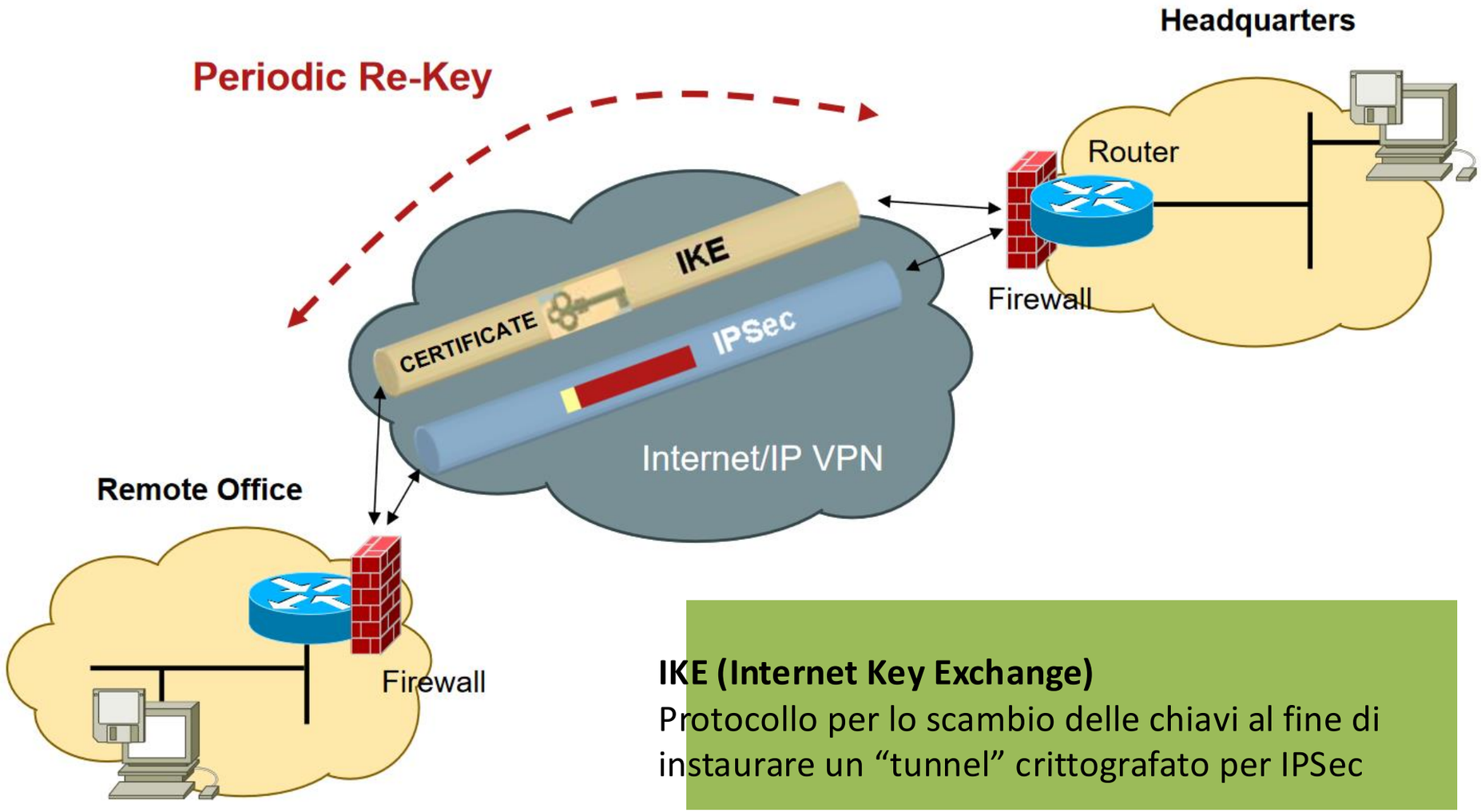


IPSec

- Il problema principale è la **sicurezza** (confidenzialità, integrità, disponibilità)
- Il protocollo SSL offre sicurezza a livello applicazione/trasporto
- Per consentire a due nodi remoti di *virtualmente* appartenere alla stessa rete serve sicurezza ad un livello più basso (livello IP)

- **I**nternet **P**rotocol **Sec**urity
  - Non è un singolo protocollo ma un **insieme di soluzioni** (protocolli e algoritmi)
  - Serve a garantire confidenzialità (tipicamente mediante *crittografia*), integrità (tipicamente mediante l'uso di *hash*) e autenticazione (tipicamente mediante l'uso di *firma* e *certificati*) dei pacchetti IP mantenendo la capacità di routing degli stessi attraverso l'infrastruttura esistente

VPN tra sedi remote



IKE (Internet Key Exchange)
Protocollo per lo scambio delle chiavi al fine di instaurare un “tunnel” crittografato per IPSec

VPN remote access

- Due sedi remote di un'organizzazione possono essere collegate tra loro in modo «privato» lasciando ai router l'incombenza di creare il tunnel VPN tra le sedi
- Una VPN può essere utilizzata anche per **remote access** (da casa o in mobilità)

- In questo caso tipicamente si hanno due strategie:
  - Installare un software di tunneling IPSec VPN (es. *CISCO AnyConnect*, *OpenVPN*)
  - Usare una *webVPN* per il solo traffico HTTP

- L'università di Trieste offre entrambe le soluzioni per studenti e personale. Si veda: https://www2.units.it/servizi-ict/rete/?file=vpn.htm

(vedi il video su VPN)

Riassunto dei concetti chiave

- Client e server
- World wide web: HTTP, HTML, URL
- DNS e dominio
- Posta elettronica: SMTP, POP, IMAP
- Socket nei linguaggi di programmazione
- Riservatezza / Confidenzialità
- Integrità
- Disponibilità dei servizi
- Autenticità
- Tracciabilità
- Crittografia a chiave asimmetrica
- Firma digitale
- Hash
- SSL e HTTPS
- Spam e phishing
- Firewall
- IPSec e VPN