

Reti di Calcolatori
AA 2010/2011



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

<http://disi.unitn.it/locigno/index.php/teaching-duties/computer-networks>

Renato Lo Cigno
e
Claudio Covelli

Copyright

Quest'opera è protetta dalla licenza:

Creative Commons
Attribuzione-Non commerciale-Non opere derivate
2.5 Italia License

Per i dettagli, consultare
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/it/>



locigno@disi.unitn.it

2



Organizzazione

- Teoria (dominante)
- Esercizi (servono a capire la teoria) e qualche laboratorio
- Gli esercizi sono proposti insieme alla teoria, e spesso la soluzione è solo accennata
 - Rivedeteli a casa
 - Se ci sono dubbi, chiedete la lezione dopo
- Sul sito del corso si trova il dettaglio delle lezioni svolte
 - Lucidi
 - Giorni di lezione / esercitazione
 - Informazioni varie, contatti, la bacheca del corso, le date di esame, ...

locigno@disi.unitn.it

3



Organizzazione

- Introduzione e definizioni generali
- modelli architetturale (OSI e TCP/IP) e prospettiva storica
- Livello applicativo (http, ftp, telnet, ...)
- Livello di trasporto (UDP/TCP)
- Livello rete (IP)
- Livello Data Link (Ethernet)
- Livello Fisico (mezzi trasmissivi e trasmissione di segnali digitali e analogici)

locigno@disi.unitn.it 4 

Modalità d'esame

- Scritto, basato su esercizi come quelli accennati a lezione e su domande, anche teoriche e anche inter-argomento, tese a capire il livello di apprendimento dei concetti fondamentali e delle basi
- L'orale integra lo scritto, in particolare se:
 - Scritto vicino alla sufficienza
 - Ci sono dubbi sullo scritto
 - Per confermare voti alti (>27)
 - In ogni caso una/due domande orali in sede di registrazione verranno fatte sempre

locigno@disi.unitn.it 5 

Libri di testo

- **J. Kurose, K. Ross,**
"Computer Networking: A Top Down Approach," 4th edition, Addison-Wesley
- Altri testi consigliati
 - A.Tanenbaum, "Reti di Calcolatori," Pearson, Prentice Hall
 - D. Comer, "Internetworking with TCP/IP" vol. 1
- Materiale supplementare è disponibile in sul sito del corso insieme alle slides delle lezioni

locigno@disi.unitn.it 6 



Scopo del corso

- Fornire le basi concettuali e tecnologiche per le "Reti di Calcolatori" e, in generale, per i sistemi distribuiti
 - ad es. Local Area Network, Internet, ...
- Ci occuperemo di:
 - protocolli di comunicazione
 - architetture dei diversi elementi che compongono una rete
- Approccio "top-down"
 - partiamo da concetti e principi generali (con Internet come riferimento)
 - passiamo al livello applicativo
 - trasmissione di messaggi
 - poi sempre più "dentro" la rete fino al livello fisico
 - trasmissione di pacchetti, bit, segnali

locigno@disi.unitn.it 7 



Servizi e funzioni nelle reti di telecomunicazione

locigno@disi.unitn.it 8 



ITU ed IETF

- La International Telecommunication Union (ITU) è un ente di standardizzazione legalmente riconosciuto (ONU) che regola il funzionamento delle reti di telecomunicazione
 - Molte delle definizioni date sono riprese da standard ITU
 - Gli standard ITU si chiamano "recommendation"
- La Internet Engineering Task Force (IETF) è un ente di standardizzazione di fatto (non legalmente riconosciuto) che definisce il funzionamento dei protocolli che regolano il funzionamento di Internet
 - La maggior parte di questo corso è legato agli standard di Internet, chiamati RFC (Request For Comment)

locigno@disi.unitn.it 9 

Definizioni

- **Comunicazione:** trasferimento di informazioni secondo convenzioni prestabilite
- **Telecomunicazione:** qualsiasi trasmissione e ricezione di segnali che rappresentano segni, scrittura immagini e suono, informazioni di qualsiasi natura, attraverso cavi, radio o altri sistemi ottici e elettromagnetici

locigno@disi.unitn.it 10

Esempio 1

- Gli apparecchi telefonici sono terminali di utente collegati a una rete che fornisce servizi di telecomunicazione

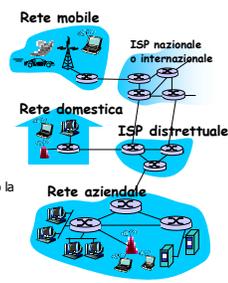


locigno@disi.unitn.it 11

Esempio 2: Internet

- PC
- server
- Portatile
- Telefono cellulare
- Punti di accesso
- Collegam. cablato
- router

- Milioni di dispositivi collegati: **host = sistema terminale**
- **applicazioni di rete**
- **collegamenti**
 - rame, fibra ottica, onde elettromagnetiche, satellite
- **router:** instrada i pacchetti verso la loro destinazione finale



locigno@disi.unitn.it 12

Definizioni

- **Servizio di telecomunicazione:** ciò che viene offerto da un gestore pubblico o privato ai propri clienti al fine di soddisfare una *specificata esigenza di telecomunicazione*
- **Funzioni in una rete di telecomunicazioni:** operazioni svolte all'interno della rete al **fine di offrire i servizi**

locigno@disi.unitn.it 13

Funzioni: esempio

- Sollevando il microtelefono (o schiacciando il tasto invio/verde sul cellulare!!) si indica alla rete l'inizio di una procedura di chiamata

The diagram illustrates a call initiation process. On the left, a hand holds a mobile phone. A blue line connects the phone to a central cloud representing a network. Inside the cloud, there are several nodes connected by lines, with one node highlighted in blue. A blue line also connects the cloud to a landline phone on the right. A white arrow points from the mobile phone towards the network cloud.

locigno@disi.unitn.it 14

Definizioni

- **Trasmissione:** il trasferimento di segnali da un punto a uno o più altri punti
- **Commutazione:** il processo di interconnessione di unità funzionali, canali di trasmissione o circuiti di telecomunicazione per il tempo necessario per il trasferimento di segnali
- **Segnalazione:** lo scambio di informazioni che riguardano l'apertura, il controllo e la chiusura di connessioni e la gestione di una rete di telecomunicazione

locigno@disi.unitn.it 15



Banda, capacità, velocità (1)

- Teoria dei segnali:
 - Banda=ampiezza spettrale di un segnale o di un canale
- Reti di telecomunicazione:
 - Banda=quantità di dati (bit) per unità di tempo (secondi)
- Capacità di un canale: massima velocità trasmissiva (bit/s) del canale
 - dipende dalla tecnologia con cui sono realizzati trasmettitore e ricevitore





Banda, capacità, velocità (2)

- Traffico offerto: quantità di dati per unità di tempo che una sorgente *cerca* di inviare in rete
- Traffico smaltito (Throughput): porzione di traffico offerto che riesce ad essere consegnata correttamente alla destinazione
- Relazioni:
 - Throughput \leq capacità del canale
 - Throughput \leq traffico offerto





Reti di telecomunicazione:

Canali
Modalità di comunicazione
Topologie



Rete di telecomunicazione

- Definizione:
 - un insieme di nodi e canali che fornisce un collegamento tra due o più punti per permettere la telecomunicazione tra essi
- Si chiama **nodo** un punto in cui avviene la commutazione
- Si chiama **canale** un mezzo di trasmissione
 - Il canale può essere
 - unidirezionale
 - bidirezionale

locigno@disi.unitn.it 19

Tipi di canale

- Canale Punto-Punto
- Due soli nodi collegati agli estremi del canale che viene utilizzato in modo paritetico

The diagram shows two computer icons, labeled 'A' and 'B', each sitting on a red base. They are connected by a horizontal line with arrows pointing in both directions, representing a bidirectional channel.

locigno@disi.unitn.it 20

Tipi di canale

- Canale Multi-Punto
- Più nodi collegati ad un unico canale: un nodo master e numerosi slave

The diagram shows a 'Master' node, represented by a server rack, connected to three 'Slave' nodes, represented by computer icons on red bases. All nodes are connected to a single horizontal line, illustrating a multi-point channel.

locigno@disi.unitn.it 21



Tipi di canale

- Canale Broadcast
- Un unico canale di comunicazione, condiviso da tutti i nodi
- L'informazione inviata da un nodo è ricevuta da tutti gli altri
- I dati trasmessi devono contenere l'indirizzo del nodo destinazione

locigno@disi.unitn.it 22 



Topologie delle reti

- La disposizione di nodi e canali definisce la topologia della rete di telecomunicazione
- Una topologia di rete è definita da un grafo $G=(V,A)$
 - V = insieme dei vertici (raffigurati da cerchi - nodi)
 - A = insieme degli archi (raffigurati da segmenti - canali)

locigno@disi.unitn.it 23 



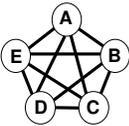
Topologie delle reti

- Gli archi possono essere:
 - diretti (segmenti orientati - canali unidirezionali)
 - non diretti (segmenti non orientati - canali bidirezionali)
- Definiamo:
 - $N= |V|$
 - $C= |A|$

locigno@disi.unitn.it 24 

Topologie a maglia completa

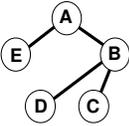
- $C = N(N-1)/2$
- Vantaggio: tolleranza ai guasti (molti percorsi tra due nodi)
- Svantaggio: elevato numero di canali
- Esistono molti percorsi alternativi, ma un solo percorso diretto (1 solo canale)
- Esiste una scelta ovvia di percorso a minima distanza
- È usata solo quando i nodi sono pochi oppure nelle reti logiche dove il "canale" non implica l'uso di risorse fisiche (es. P2P)



locigno@disi.unitn.it 25 

Topologia ad albero

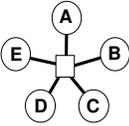
- $C = N-1$
- Svantaggio: vulnerabilità ai guasti (solo un percorso tra due nodi)
- Vantaggio: basso numero di canali
- È usata per ridurre i costi e semplificare la stesura dei canali
- Esiste una sola scelta di percorso tra ogni coppia di nodi



locigno@disi.unitn.it 26 

Topologia a stella

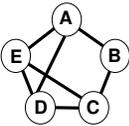
- $C = N$ (centro stella non è nodo)
- Svantaggio: vulnerabilità ai guasti del centro stella
- Vantaggio: basso numero di canali
- È usata per ridurre i costi e semplificare la stesura dei canali
- Ogni nodo ha un'unica scelta di percorso possibile
- Tutta la complessità nella scelta dei percorsi è demandata al centro stella
- Usata nelle reti locali, nelle reti via satellite, nelle reti radio cellulari



locigno@disi.unitn.it 27 

Topologia a maglia (mesh)

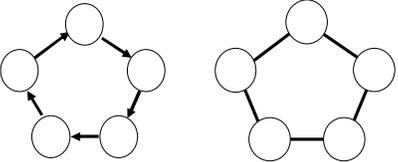
- $N-1 < C < N(N-1)/2$
- Svantaggio: topologia non regolare
- Vantaggio: tolleranza ai guasti e numero di canali selezionabile a piacere
- Instradamento complesso: esiste un elevato numero di percorsi alternativi
- È la più usata (Internet, telefonia)



locigno@disi.unitn.it 28 

Topologia ad anello

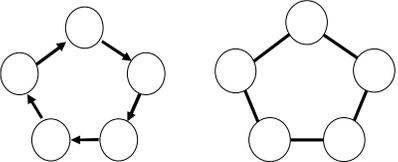
- Può essere unidirezionale o bidirezionale



locigno@disi.unitn.it 29 

Topologia ad anello

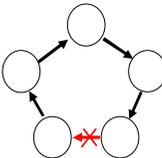
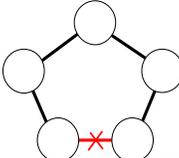
- $C=N/2$ per l'anello unidirezionale
- $C=N$ per l'anello bidirezionale
- È molto usata in reti locali e metropolitane e per costruire topologie magliate (SDH)
- Esistono uno o due percorsi possibili per ogni coppia di nodi



locigno@disi.unitn.it 30 

Topologia ad anello

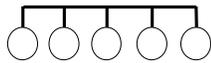
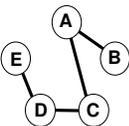
- In caso di guasto l'anello bidirezionale assicura la sopravvivenza della rete (a capacità dimezzata): l'anello bidirezionale è la più semplice topologia che consente un instradamento alternativo in caso di guasto.

locigno@disi.unitn.it 31

Topologia a bus

- $C=N-1$ per il bus attivo (caso particolare di albero)
- $C=1$ per il bus passivo
- Esiste una sola scelta possibile di percorso tra ogni coppia di nodi
- Usata in reti locali e metropolitane

locigno@disi.unitn.it 32

Internet: una panoramica contestualizzata

locigno@disi.unitn.it 33

Che cos'è Internet?

- PC
- server
- Portatile
- Telefono cellulare
- Punti di accesso
- Collegam. cablato
- router

- Milioni di dispositivi collegati: **host = sistema terminale**
- applicazioni di rete
- collegamenti
 - rame, fibra ottica, onde elettromagnetiche, satellite
 - Frequenza di trasmissione = **ampiezza di banda**
- router: instrada i pacchetti verso la loro destinazione finale

locigno@disi.unitn.it 34

Oggi Internet è anche...

Cornice IP
<http://www.ceiva.com/>

Tostapane Web + previsioni del tempo

Il web server più piccolo del mondo
<http://www-ccs.cs.umass.edu/~shri/PIpic.html>

Telefonia Internet

locigno@disi.unitn.it 35

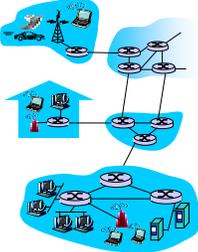
Che cos'è Internet

- Un **insieme di protocolli**: definisce il formato e l'ordine dei messaggi scambiati fra due o più entità in comunicazione
 - es.: TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- Internet: "rete delle reti"
 - struttura gerarchica
 - Internet pubblica e intranet private
- Standard Internet
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force

locigno@disi.unitn.it 36

Cos'è Internet

- Infrastruttura di comunicazione** per applicazioni distribuite:
 - Web, VoIP, e-mail, giochi, e-commerce, condivisione di file
- Servizi forniti alle applicazioni:**
 - servizio affidabile dalla sorgente alla destinazione
 - Servizio "best effort" (non affidabile) senza connessione



locigno@disi.unitn.it 37

Cos'è un protocollo?

Protocolli umani:

- "Che ore sono?"
- "Ho una domanda"
- Presentazioni

... invio di specifici messaggi
... quando il messaggio è ricevuto, vengono intraprese specifiche azioni, o si verificano altri eventi

Protocolli di rete:

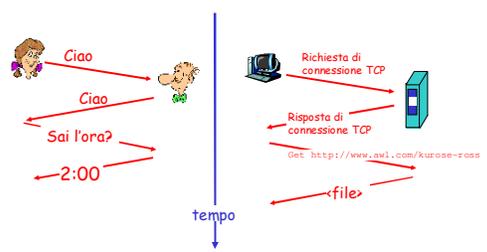
- Dispositivi hardware e software, non umani
- Tutta l'attività di comunicazione in Internet è governata dai protocolli

Un protocollo definisce il formato e l'ordine dei messaggi scambiati tra due o più entità in comunicazione, così come le azioni intraprese in fase di trasmissione e/o ricezione di un messaggio o di un altro evento

locigno@disi.unitn.it 38

Cos'è un protocollo?

Protocollo umano e protocollo di rete



locigno@disi.unitn.it 39

Componenti di un protocollo

- **Sintassi**
 - Insieme dei formati (intestazioni, tag, ...) che consentono il riconoscimento di un messaggio
 - A livello fisico si tratta di segnali, correnti, tensioni, ...
 - A livelli più alti di numero di bit/byte, significato di campi, tag (es. html)
- **Semantica**
 - Algoritmi che definiscono il funzionamento di un protocollo, es. se un pacchetto viene perso allora bisogna ritrasmetterlo
- **Temporizzazione**
 - Logica temporale di funzionamento di un protocollo, timeout (es. per ritrasmettere un pacchetto in mancanza di ACK), eventi, ...

locigno@disi.unitn.it 40

Introduzione ...

Cos'è Internet?

Ai confini della rete

- sistemi terminali, reti di accesso, collegamenti

Il nucleo della rete

- commutazione di circuito e di pacchetto, struttura della rete

Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto

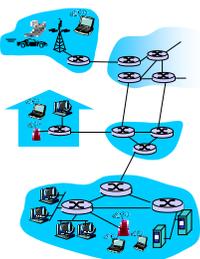
Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

Reti sotto attacco: la sicurezza

locigno@disi.unitn.it 41

La struttura della rete

- **ai confini della rete:** applicazioni e sistemi terminali
- **reti, dispositivi fisici:** collegamenti cablati e wireless
- **al centro della rete:**
 - router interconnessi
 - la rete delle reti

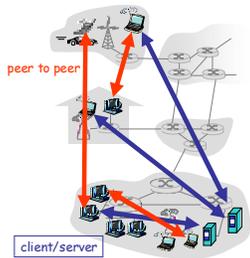


locigno@disi.unitn.it 42



Ai confini della rete

- **sistemi terminali (host):**
 - fanno girare programmi applicativi
 - es.: Web, e-mail
 - situati all'estremità di Internet
- **architettura client/server**
 - L'host client richiede e riceve un servizio da un programma server in esecuzione su un altro terminale
 - es.: browser/server Web ; client/server e-mail
- **architettura peer to peer**
 - uso limitato (o inesistente) di server dedicati
 - es.: Skype, Bit Torrent



locigno@disi.unitn.it

43