

Architettura dell'Informazione

5a. I protocolli TCP/IP

Paolo Milazzo

Dipartimento di Informatica, Università di Pisa

<http://pages.di.unipi.it/milazzo/>
milazzo@di.unipi.it

Master in Tursimo e ICT

A.A. 2015/2016

Organizzazione a livelli

- I messaggi scambiati sulle reti devono seguire specifici **protocolli di comunicazione**
- Reti diverse possono seguire protocolli diversi
- I protocolli sono in generale organizzati in modo gerarchico, a **livelli**. Lo scopo di ogni livello è offrire servizi ai livelli superiori, nascondendo i dettagli sul come tali servizi siano implementati
- Fra un tipo di rete ed un'altra possono essere diversi:
 - il numero di livelli
 - i nomi dei livelli
 - il contenuto dei livelli
 - le funzioni dei livelli

Organizzazione a livelli: esempio (1)

- Un **programma di posta elettronica** segue regole di comunicazione specifiche (protocollo) per l'invio di email sulla rete
- Tale programma non si preoccupa di come il messaggio sarà effettivamente trasportato al destinatario, ma utilizza un **protocollo di livello inferiore** che gli fornisce questo servizio (come accade con la posta ordinaria...)

Organizzazione a livelli: esempio (2)

- Il **protocollo di livello più basso** si preoccupa di trasportare sequenze di bit (che rappresentano ad esempio un email) da un computer all'altro, aggiungendo a tali messaggi informazioni necessarie per raggiungere la destinazione (ad es. un codice che rappresenta il computer di destinazione)
- Il messaggio da trasportare (la sequenza di bit) potrà essere spezzettata in frammenti (detti **pacchetti**) di una dimensione «comoda» per essere trasportata sulla rete
- Questo protocollo non si preoccupa di come ogni bit verrà rappresentato sul canale (segnali elettrici, onde magnetiche, fotoni, ...) ma utilizza a sua volta di un **protocollo di livello inferiore**

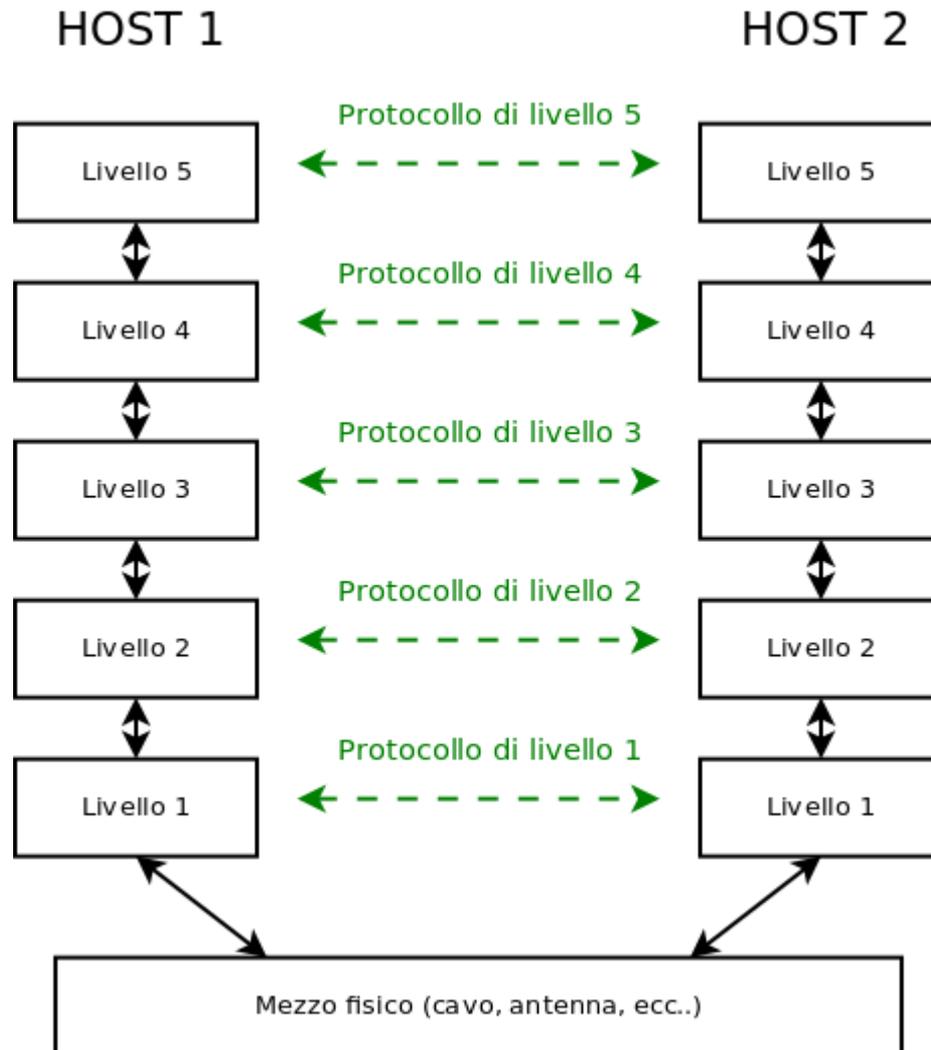
Organizzazione a livelli: esempio (3)

- Il **protocollo di livello ancora più basso** si preoccupa di come rappresentare ogni bit nel canale di comunicazione della rete (cavo, etere, fibra ottica,...)
- Questo protocollo ad esempio specificherà come rappresentare 1 e 0 in termini di voltaggio e durata di un segnale elettrico su un cavo
- Potrà anche aggiungere dei segnali aggiuntivi per permettere ai vari componenti della rete di coordinarsi
- Grazie a questo protocollo (che si occupa degli ultimi dettagli) la **comunicazione del messaggio** finalmente può avvenire

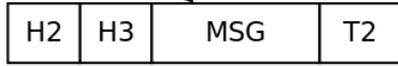
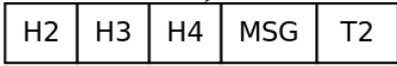
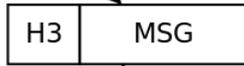
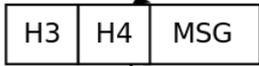
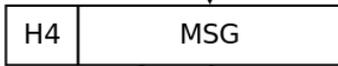
Organizzazione a livelli: esempio (4)

- Una volta che tutti i segnali sono arrivati a **destinazione**, dovranno essere
 - re-interpretati come bit
 - ri-assemblati per formare un unico messaggio
 - utilizzati da un programma (o server) di posta elettronica
- Ognuno di questi passi deve seguire le regole degli **stessi protocolli** usati per effettuare l'invio (**in ordine contrario**)

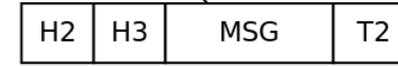
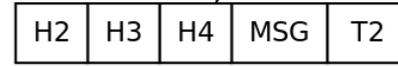
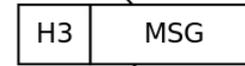
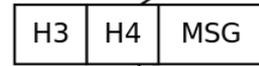
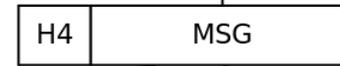
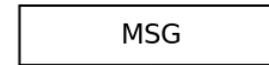
Lo schema generale



HOST 1



HOST 2



CANALE FISICO

Chi usa i protocolli nel computer

- I protocolli dei vari livelli sono implementati da diversi componenti dei computer (host) che partecipano alla comunicazione.
- Nell'esempio che abbiamo visto (invio di email):
 - Il programma di posta elettronica implementa il protocollo di livello più alto
 - Il sistema operativo del computer implementa il protocollo di livello intermedio
 - La scheda di rete del computer implementa il protocollo di livello più basso
- In generali, i protocolli sono implementati negli host tramite **componenti hardware, drivers del sistema operativo o specifici programmi**

Architettura di rete di Internet

- La rete globale Internet è governata da alcuni protocolli ben precisi, che formano una **architettura di rete**
- Una architettura di rete è l'insieme dei livelli e dei relativi protocolli utilizzati nell'ambito di una determinata rete (ad es. Internet, la rete bluetooth dei dispositivi collegati al cellulare, la rete dei bancomat, ...)
 - Fornisce la descrizione dei dettagli sufficienti da consentire la realizzazione di software e/o hardware che, per ogni livello, rispetti il relativo protocollo

Tipi di architetture

- **Proprietaria**: basata su scelte indipendenti ed arbitrarie del costruttore, incompatibile con architetture diverse, ad esempio:
 - Apple FaceTime (videochiamate)
 - Nintendo MKWii network (giochi multiplayer)
- **Standard de facto**: basata su specifiche di pubblico dominio (per cui diversi costruttori possono proporre la propria implementazione) che ha conosciuto una larghissima diffusione, ad esempio:
 - Internet Protocol Suite (detta anche architettura TCP/IP)
- **Standard de iure**: basata su specifiche (ovviamente di pubblico dominio) approvate da enti internazionali.
 - Architettura OSI (Open Systems Interconnection), standard ISO

Modelli architetturali

Modello OSI e architettura TCP/IP

Architetture a livelli

- Consideriamo i due principali standard architetturali
 - De iure: il modello ISO/OSI
 - De facto: l'architettura TCP/IP

Il modello OSI

- L'OSI (Open Systems Interconnection) Reference Model è stato realizzato dalla ISO (International Standard Organization), ed ha lo scopo di:
 - fornire uno standard per la connessione di sistemi aperti, cioè in grado di colloquiare gli uni con gli altri
 - fornire una base comune per lo sviluppo di standard per l'interconnessione di sistemi
 - fornire un modello rispetto a cui confrontare le varie architetture

Principi di progetto

- OSI è un modello non un'architettura
 - Definisce i livelli e dice cosa devono fare
 - Si propone come riferimento per la realizzazione di architetture vere e proprie
- Per ogni livello è definito
 - come deve funzionare;
 - un diverso livello di astrazione;
 - una funzionalità precisa;
 - la scelta dei livelli deve essere tale da minimizzare il loro numero, il passaggio delle informazioni ed evitare troppe funzioni in un livello

Schema del modello

Applicazione
Presentazione
Sessione
Trasporto
Network
Data link
Fisico

- Consiste di sette livelli

Livello fisico

- Ha a che fare con la trasmissione di bit "grezzi" su un canale di comunicazione
- Questo livello deve garantire che la comunicazione avvenga in modo corretto (e.g. se viene inviato un 1, venga ricevuto un 1 e non uno 0)
- Vi si definiscono le caratteristiche meccaniche, elettriche e procedurali delle interfacce di rete (componenti che connettono l'elaboratore al mezzo fisico) e le caratteristiche del mezzo fisico, ad es.
 - Tensioni scelte per rappresentare 0 ed 1
 - Durata (in microsecondi) di un bit
 - Trasmissione simultanea in due direzioni oppure no
 - Forma dei connettori

Livello data link

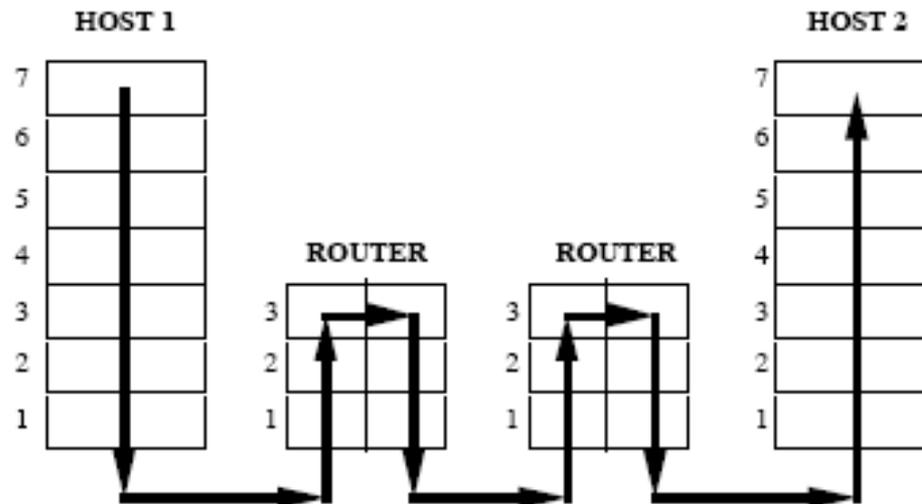
- Deve far sì che un mezzo fisico trasmissivo appaia, al livello superiore, come una linea di trasmissione esente da errori (di trasmissione) non rilevati
- Spezzetta i dati provenienti dal livello superiore in frame (da qualche centinaio a qualche migliaio di byte)
- Invia i frame in sequenza
- Aspetta un acknowledgement di frame (ack) per ogni frame inviato

Livello network

- Controlla il funzionamento della *subnet* (in una WAN):
- Compiti:
 - **Routing: cioè scelta del cammino da utilizzare. Può essere:**
 - Statico (fissato ogni tanto e raramente variabile)
 - Dinamico (continuamente aggiornato, anche da un pacchetto all'altro)
 - **Gestione della congestione: evitare che a un router arrivino troppi pacchetti**
 - **Accounting: gli operatori della rete possono far pagare l'uso agli utenti sulla base del traffico generato**
 - **Conversione di dati nel passaggio fra una rete ed un'altra (diversa):**
 - indirizzi da rimappare
 - pacchetti da frammentare
 - protocolli diversi da gestire

Architettura del modello OSI

- I router (intermediari della comunicazione) per svolgere il loro compito di instradatori accedono alle informazioni dei messaggi a livello «network»
 - Ad esempio: per estrarre l'indirizzo dell'host destinatario



Livello trasporto (1)

- Accetta dati dal livello superiore, li spezzetta in pacchetti, li passa al livello network e si assicura che arrivino all'altra estremità della connessione. In più isola i livelli superiori dai cambiamenti della tecnologia di rete sottostante (efficienza)
- E' il primo livello end-to-end, cioè la conversazione avviene senza intermediari (dello stesso livello):
 - Gli intermediari utilizzano solo protocolli di livelli inferiori

Livello trasporto (2)

- Compiti:
 - Consentire comunicazioni basate su CONNESSIONI
 - Una connessione fornisce la possibilità di scambiarsi una sequenza di messaggi facenti parte di una unica «conversazione» (come in una conversazione telefonica)
 - Offerta di vari servizi al livello superiore:
 - canale punto a punto affidabile, che consegna dati in ordine e senza errori (il servizio più diffuso, *connection oriented*)
 - invio di messaggi isolati, con o senza garanzia di consegna (*connectionless*)
 - broadcasting di messaggi a molti destinatari (*connectionless*)

Livelli Sessione, Presentazione e Applicazione

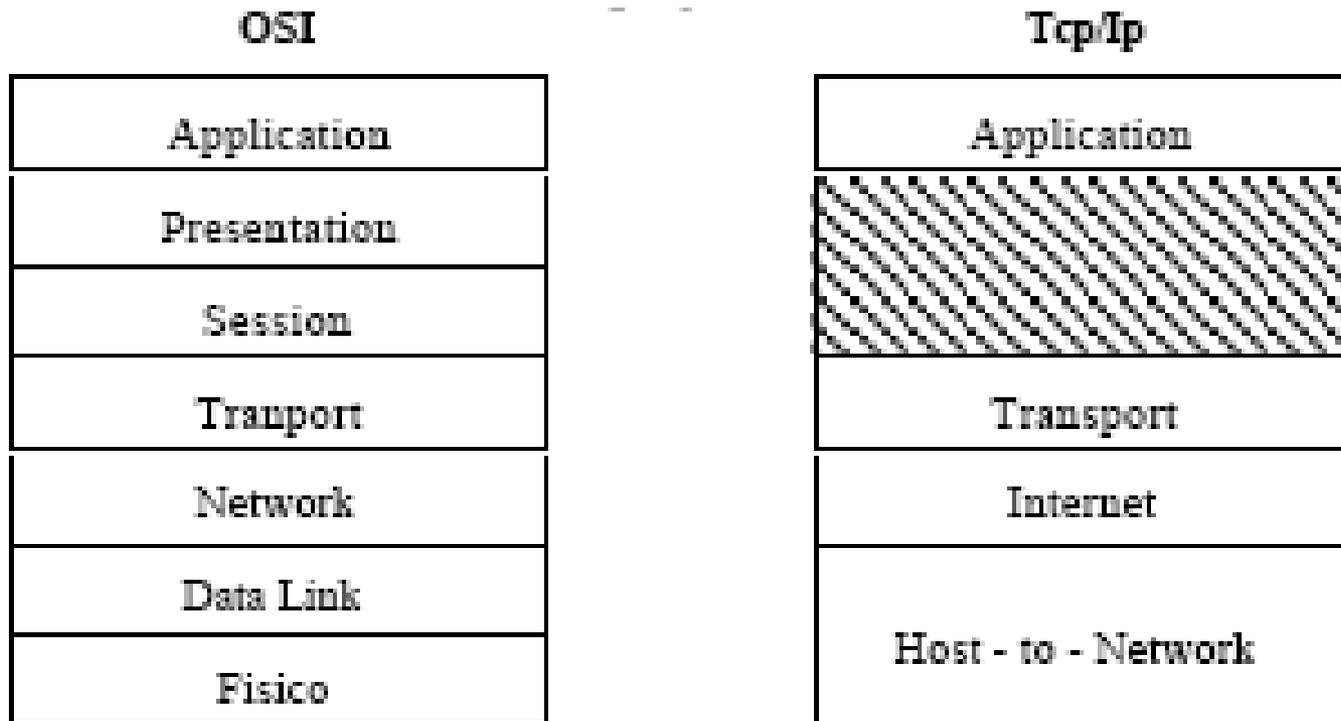
I tre livelli superiori del modello OSI sono specificati in maniera piuttosto generale e spesso, nella pratica, vengono realizzati in un unico livello

- **Session**: Ha a che fare con funzionalità di connessione più raffinate di quelle offerte a livello trasporto
- **Presentation**: Funzioni legate alla specifica della sintassi e semantica delle informazioni da trasferire. Es.: funzioni di *conversione* dei formati dei dati trasmessi (caratteri, interi) da rappresentazioni specifiche delle varie piattaforme hardware di partenza in una rappresentazione standard da usare durante la trasmissione.
- **Application**: Prevede che qui risieda tutta la varietà di protocolli che sono necessari per offrire i vari servizi agli utenti, quali ad esempio:
 - **Trasferimento file**
 - **Posta elettronica**
 - **Web**

Architettura TCP/IP

- Per integrare reti di tipo eterogeneo (Internet), si cominciò ad usare una nuova architettura, mirata fin dall'inizio a consentire l'interconnessione di molteplici reti
- L'architettura divenne, più tardi, nota coi nomi di Internet Protocol Suite o architettura TCP/IP.
- Requisito principale che ha guidato lo sviluppo dell'architettura TCP/IP:
 - Affidabilità e tolleranza ai guasti (in una rete vasta ed eterogenea non ci si può fidare del corretto funzionamento degli intermediari)

Relazione tra i livelli nei due modelli



Livello 1-2: host-to-network

- I primi due livelli (*fisico* e *data link*) non sono separati, nel senso che **connessione fisica** e protocollo **data link** sono interdipendenti
 - Pertanto, è più corretto parlare di un livello **host-to-network (h2n)** che comprende i due

Livello host-to-network

- Non è specificato nell'architettura.
- Tutto ciò che si assume è la capacità dell'host di inviare pacchetti sulla rete
- Esempi di protocolli h2n:
 - Protocollo per LAN cablate: ***Ethernet***
 - Protocollo per connessioni LAN wireless: ***802.11***
 - Protocollo per connessioni via modem: ***PPP***

Livello 3: internet

- Permette ad un host di iniettare pacchetti in una qualunque rete e ***fare il possibile*** per farli viaggiare, indipendentemente gli uni dagli altri e magari per strade diverse, fino all'host destinatario che può essere anche in un'altra rete
- E' definito un formato ufficiale dei pacchetti ed un protocollo, ***IP (Internet Protocol)***, che si occupa di far riconoscere reciprocamente gli host e instradare i pacchetti che essi si scambiano
- ***Servizi aggiuntivi rispetto a h2n***
 - *identificativo univoco di ciascun host (indirizzo IP)*
 - *comunicazione logica tra host: gli host si chiamano per "nome" (indirizzo IP) senza sapere nulla sulla loro distanza, connessione, tipologia, ecc...*

Servizi del protocollo IP

- **Caratteristiche**
 - consegna non garantita: i pacchetti possono essere persi, duplicati, ritardati, o consegnati senza ordine
 - consegna con impegno (*best effort*): tentativo di consegnare ogni pacchetto (possibili inaffidabilità derivanti da congestione della rete o guasto dei nodi)
 - privo di connessione (*connection-less*): ogni pacchetto è trattato in modo indipendente da tutti gli altri e due pacchetti successivi per la stessa destinazione possono seguire rotte diverse (favorisce robustezza)
- Nella sua versione più comune (IPv4) usa indirizzi (della lunghezza di 32 bit) aventi la seguente forma:
x1.x2.x3.x4 dove ogni x_i è compreso tra 0 e 255
Ad esempio: 127.0.0.1, 192.168.10.20 e 131.114.3.18 sono indirizzi IP validi

Assegnamento degli Indirizzi IP (1)

- Affinchè i pacchetti IP possano raggiungere la correttamente la propria destinazione gli indirizzi IP devono essere univoci
 - non devono esistere due computer a cui è associato lo stesso indirizzo IP
- L'assegnamento degli indirizzi è quindi organizzato in maniera gerarchica (ad esempio: gli indirizzi 131.114.x.y sono assegnati ad UniPi, gli indirizzi 131.114.3.x sono assegnati al Dipartimento di Informatica di Unipi, ecc...)
- In realtà si usa spesso una tecnica di mascheramento:
 - Quando una rete locale (e.g. domestica) è collegata a Internet tramite un router (e.g. modem ADSL), un unico indirizzo IP **pubblico** viene assegnato al router, mentre ai PC della rete vengono assegnati indirizzi IP **privati** (cioè noti solo nell'ambito della rete locale)
 - Ad ogni pacchetto che deve uscire dalla rete locale (verso Internet) il router cambierà l'indirizzo del mittente (privato) con il proprio (pubblico). Il router si occuperà anche di fare la traduzione inversa per i pacchetti in entrata
 - Gli indirizzi IP privati di solito hanno la forma 192.168.x.y

Assegnamento degli Indirizzi IP (2)

- Le tecniche di mascheramento consentono di limitare lo spreco di indirizzi IP
- Gli indirizzi IP (versione 4 – IPv4) sono infatti in esaurimento. Un giorno forse si passerà a IPv6 che prevede indirizzi più lunghi.
- Un'altra tecnica usata frequentemente per limitare lo spreco di indirizzi IP è *l'assegnamento dinamico*.
 - Quando ci si collega a Internet si riceve un indirizzo IP che alla fine del collegamento può essere liberato e assegnato ad altri
 - E' molto comodo anche perchè i computer si "configurano da soli" tramite il servizio DHCP (fornito dal router, si preoccupa di inviare ai PC della rete tutte le informazioni di configurazione necessarie, incluso l'indirizzo IP assegnato dinamicamente)

Livello 4: transport

- Il livello transport estende il servizio di consegna con impegno tra due host proprio del protocollo IP ad un servizio di consegna a due programmi applicativi in esecuzione sugli host
- *Servizi aggiuntivi rispetto a IP*
 - ***rilevamento dell'errore (checksum):** verifica che alla destinazione il pacchetto includa tanti bit settati a 1 quanti erano alla sorgente*

Livello 4: transport

- *TCP (Transmission Control Protocol)*: protocollo connesso ed **affidabile** (garantisce che i messaggi arrivino a destinazione). Frammenta il flusso in arrivo dal livello superiore in messaggi separati che vengono passati al livello Internet.
 - In arrivo, i pacchetti vengono riassemblati in un flusso di output per il livello superiore.
 - Eventuali pacchetti persi (non arrivati entro un tempo stabilito) vengono ritrasmessi (per l'affidabilità)
 - ***E' orientato alla connessione***: comprende l'instaurazione, l'utilizzo e la chiusura della connessione
- *UDP (User Datagram Protocol)*: versione semplificata di TCP non orientato alla connessione (connectionless) e non affidabile. E' più veloce ed è adatto a situazioni in cui contano le prestazioni e non la qualità della trasmissione (e.g. audio/video).

Livello 5: application

- Non ci sono i livelli Session e Presentation (non furono ritenuti necessari; l'esperienza col modello OSI ha mostrato che questa visione è condivisibile)
- Il livello application è subito sopra il livello transport e contiene tutti i protocolli che vengono usati dalle applicazioni reali

Tipi fondamentali di servizi

- **TRASFERIMENTO DI FILE**
 - possibilità di trasferire file tra nodi diversi (protocollo FTP)
- **EMAIL**
 - Protocolli SMTP, POP3, IMAP4
- **WEB**
 - Protocollo HTTP
- **TERMINALE REMOTO**
 - utilizzo di un computer da remoto come se vi si fosse davanti (es. remote desktop)

Livello application

- **Il livello application utilizza il livello di trasporto per la comunicazione tra processi in esecuzione su host diversi per realizzare applicazioni di rete**
- **Le applicazioni di rete **non** sono la stessa cosa dei protocolli applicativi**
 - Le applicazioni sono rappresentate dai programmi
 - I protocolli applicativi sono protocolli (regole + formato messaggi) specifici per ogni applicazione

Protocolli e applicazioni di rete

- **Tipicamente, ciascuna applicazione di rete definisce un nuovo protocollo di livello applicativo**
- **Esempi**
 - *Trasferimento file*: usa protocollo applicativo **ftp**
 - *Collegamento a terminale remoto*: usa protocollo **telnet**
 - *World Wide Web*: usa protocollo **http**
 - *Posta elettronica*: usa protocollo **smtp** (simple mail transfer protocol) e POP (Post Office Protocol):
 - *Chat*: usa protocollo **irc**

Progetto Internet a clessidra

- Riassumendo:
 - il protocollo IP svolge la funzione della «lingua franca» parlata da tutte le (diverse) sottoreti
 - I protocolli di livello trasporto forniscono servizi essenziali (es. affidabilità e connessioni)
 - Ogni applicazione definisce i propri protocolli specifici di livello più alto

