

---

A proposito di Internet e Computers

# Le reti: dall'ambito locale a quello geografico

Michele Fucito  
Aprile 2016

## Una piccola sintesi delle puntate precedenti .....

---

- Abbiamo visto che i "contenuti" e il loro "scambio" tra i soggetti interessati alla loro fruizione rappresentano oggi uno dei principali motori di evoluzione tecnologica e di business con enormi ricadute anche sociali.
- Lo "scambio" dei contenuti in particolare costituisce l'oggetto delle "comunicazioni": comunicare richiede necessariamente l'esistenza di una "rete", ovvero di un sistema di "interconnessione" dei soggetti interessati a comunicare, siano essi delle persone o delle macchine.
- Abbiamo anche scoperto che, grazie al progresso tecnologico, ormai tutti i "contenuti" possono essere trasformati in un insieme di informazioni codificate tramite dei "bit": questa evidenza rende possibile creare delle reti "generiche" ovvero non specializzate per dei particolari servizi, concentrando le specificità dei servizi nelle apparecchiature "periferiche", ovvero nei "terminali".
- Esistono ovviamente una serie di "reti" che storicamente sono state realizzate per supportare dei servizi specifici (ad es. la rete telefonica) e che rappresentano degli enormi investimenti: uno dei temi più caldi è "come riutilizzare" le reti esistenti, trasformandole in reti di ultima generazione.

## Qualche cenno storico .... - 1 .

---

- La madre di tutte le reti è stata la rete "telefonica"; è stata la prima rete a raggiungere un livello di diffusione "mondiale" riuscendo a collegare un telefono in due case distanti da pochi metri a migliaia di Km. con una unica modalità di utilizzo.
- La rete telefonica era una rete complessa con svariati "livelli" tecnologicamente differenti:
  - Livello di accesso locale: basato su collegamenti in filo di rame e strutturato a "stella" con più livelli di concentrazione e diverse modalità di trasporto dei segnali:
    - predisposto di condominio
    - cavi in rame con bi-coppie multiple
    - armadio di strada ( permutatore)
    - centrale di commutazione locale ( concentratore )
  - Livello di transito
    - centrali di commutazione di transito nazionale
    - centrali di commutazione di transito internazionale
  - Livello di trasporto
    - centrali di "trasmissione"
    - sistemi di "cross-connect" trasmissivi
    - cavi coassiali o in fibra ottica:
      - multiplex FDM ( a divisione di frequenza)
      - multiplex PCM ( a divisione di tempo) di tipo PDH/SDH

- La complessità della rete derivava dai livelli tecnologici disponibili e dall'esigenza di contenere i costi.
- Con il progresso tecnologico è iniziata la "digitalizzazione" della rete a cominciare dai livelli più elevati fino ad arrivare al livello di accesso.
- Via via che la "digitalizzazione" procedeva, si spostava dal centro alla periferia la complessità dei "servizi" per cui le nuove reti di trasporto digitali sono state le prime ad essere rese "service independent".
- Lo scoglio più duro era però "l'ultimo miglio" ovvero quella parte della rete che parte da casa di ognuno di noi per arrivare alla prima "centrale di commutazione"
- L'avvento delle tecniche della microelettronica ha reso possibile realizzare dei "chips" che consentivano di sfruttare il rame pre-esistente per portare segnali digitali ad elevata velocità e in maniera "service independent": è l'avvento dell' ADSL
- Un ulteriore fondamentale punto è stato il passaggio da metodologie di comunicazione a "banda deterministica" a sistemi di comunicazione "di tipo statistico":
  - possibilità di utilizzare lo stesso "portante fisico" per trasportare servizi con diverse esigenze di banda e di latenza, con diversi livelli di "costi" e una molteplicità di "fornitori" di servizi.

- Grazie alla digitalizzazione della rete (telefonica) è oggi possibile realizzare una significativa semplificazione dello scenario di rete:
  - reti di accesso
  - core network
- Entrambe le reti sono "service independent" e condividono gli stessi metodi di "trasporto dell'informazione"
- La principale differenza sta nella "capillarità" della rete di accesso e nella "potenzialità" della rete di trasporto ( core ).
- Accanto ai "cavi in rame" si sono diffuse nuove metodologie per la realizzazione delle reti di "accesso":
  - fibra ottica
  - utilizzo della radio
- Entrambe le metodologie richiedono grossi investimenti in infrastrutture per cui la loro diffusione è appropriata in diverse situazioni:
  - zone di nuova urbanizzazione ( per la fibra ottica)
  - fornitura di nuovi servizi legati alla mobilità
  - superamento del "digital divide" in zone a bassa densità abitativa.

# L'importanza dei "protocolli" e della "stratificazione" ....

---

- La digitalizzazione delle reti è stata possibile anche grazie alla creazione di "modelli concettuali" a strati per i servizi: **modello OSI Open Systems Interconnect**
  - **livello fisico**: adattamento al **mezzo trasmissivo**
  - **livello di "link"**: come garantire il trasporto dei bit da estremo a estremo di un **collegamento** tra nodi fisici della rete
  - **livello "network"**: come garantire il **raggiungimento di un destinatario a partire da una sorgente** in una rete costituita da tanti nodi
  - **livello di "trasporto"**: come garantire il **trasferimento di informazioni da sorgente a destinazione** (indipendentemente dai percorsi fisici)
  - **livello di "sessione"**: come stabilire delle relazioni di comunicazione tra entità specifiche di un servizio
  - **livello di "presentazione"**: i meccanismi operativi con cui un servizio si svolge
  - **livello "applicativo"**: l'aspetto che il servizio assume per il suo utilizzatore.
- Ad ogni strato sono associati un insieme di **"regole"** ovvero di **"protocolli"** specifiche di ogni livello e con **"interfacce"** standard verso i livelli precedenti e successivi.
- La **standardizzazione delle interfacce** ha consentito in particolare di avere la possibilità di sviluppare indipendentemente i vari livelli delle reti, garantendo la completa interoperabilità con le parti di rete esistenti e quelle di nuova realizzazione.

# Qualche esempio di "stratificazione" ....

OSI Model				
Layer		Protocol data unit (PDU)	Function <sup>[3]</sup>	Examples
Host layers	7. Application	Data	High-level APIs, including resource sharing, remote file access, directory services and virtual terminals	DotNetFtpLibrary, <sup>[4]</sup> SMTP web API, <sup>[5]</sup> SSH.NET, <sup>[6]</sup> SnmpSharpNet, <sup>[7]</sup> HTML Class, <sup>[8]</sup> HTTP API server <sup>[9]</sup>
	6. Presentation		Translation of data between a networking service and an application; including character encoding, data compression and encryption/decryption	CSS, GIF, HTML, XML, JSON, S/MIME,
	5. Session		Managing communication sessions, i.e. continuous exchange of information in the form of multiple back-and-forth transmissions between two nodes	RPC, SCP, NFS, PAP, TLS, FTP, <sup>[10]</sup> HTTP, <sup>[11]</sup> HTTPS, SMTP, <sup>[12]</sup> SSH, <sup>[13]</sup> Telnet <sup>[14]</sup>
	4. Transport	Segment (TCP) / Datagram (UDP)	Reliable transmission of data segments between points on a network, including segmentation, acknowledgement and multiplexing	NBF, TCP, UDP
Media layers	3. Network	Packet	Structuring and managing a multi-node network, including addressing, routing and traffic control	AppleTalk, ICMP, IPsec, IPv4, IPv6
	2. Data link	Frame	Reliable transmission of data frames between two nodes connected by a physical layer	IEEE 802.2, L2TP, LLDP, MAC, PPP, ATM, MPLS
	1. Physical	Bit	Transmission and reception of raw bit streams over a physical medium	DOCSIS, DSL, Ethernet physical layer, ISDN, USB

## La nascita delle "Customer Premises" (CPE) ....

---

- Grazie alla digitalizzazione delle reti e la conseguente "service independence" è diventato possibile avere al posto del vecchio telefono un insieme anche molto complesso di dispositivi: si parla di "**reti di utente**" ovvero CPE
- Una CPE si collega alla reti di accesso tramite un "**internet access gateway**" ovvero un dispositivo la cui funzione è quella di separare la rete "**geografica**" dalla "**rete locale**".
- All'interno di una CPE è possibile avere tutta una serie di dispositivi anche molto diversificati:
  - telefoni, videotelefoni, etc.
  - computers
  - dispositivi di adattamento per display ( STB Set Top Box)
  - dispositivi mobili: tablet, smartphones, etc.
  - dispositivi domotici ( automazione della casa )
  - dispositivi di videosorveglianza.
- Tutti questi dispositivi hanno bisogno di essere collegati tra loro e al gateway internet: si parla di reti locali ovvero LAN ( Local Area Networks)
- Per contrapposizione tutto ciò che si trova all'esterno di una CPE viene indicato come WAN: Wide Area Networks.

## A proposito di LAN e dei suoi componenti di rete ....

---

- Una LAN può essere un sistema molto semplice o molto complesso a seconda delle esigenze del cliente.
- All'interno di una LAN possono coesistere diverse tecnologie di connessione a seconda delle caratteristiche logistiche del sito e delle caratteristiche dei servizi che si intendono utilizzare.
- Grazie alla "**stratificazione**" dei protocolli è possibile realizzare questa coesistenza nonostante le **diversità dei mezzi fisici utilizzati**:
  - cavi in rame di tipo a coppie multiple (UTP)
  - cavi in fibra ottica
  - cavi elettrici ( PLC Power Line Communication )
  - cavi a singola coppia xDSL
  - radio: wireless LAN
- Per connettere tutti i dispositivi tra loro è generalmente necessario utilizzare dei dispositivi fisici ad hoc la cui funzione è quella di consentire il trasferimento dei dati tra i vari dispositivi e tra dispositivi e gateway internet:
  - LAN Switches: caratterizzati dall'operare a livello 2 del modello OSI (Link)
  - Routers: caratterizzati dall'operare a livello 3 del modello OSI (Network)
  - Access Points: consentono l'interfacciamento tra tratti di rete radio e tratti di rete in cavo/fibra operando a livello 2 ( link ) del modello OSI.

# L'esplosione delle reti "mobili" ....

---

- Fin dall'invenzione del telefono il principale ostacolo alla diffusione delle comunicazioni è stata la logistica: portare cavi alle case costava e costa tanto....
- L'invenzione della radio rappresentò un punto di svolta importante: era possibile coprire distanze anche intercontinentali con costi decisamente più bassi e tempi di realizzazione più rapidi che tramite cavo.
- Apparve però subito evidente che purtroppo la radio aveva un grosso limite: era una risorsa "limitata" ovvero il numero di collegamenti simultanei possibili era molto limitato.
- Come aumentare la banda disponibile:
  - aumentare la frequenza: dalle onde corte alle microonde: problema della orografia dovuto alla propagazione delle microonde in modo lineare
  - usare dei punti di riflessione o dei ripetitori su satelliti in orbita geostazionaria
  - in ogni caso soluzioni costose giustificate solamente a livello di "trasporto geografico"
- Maometto e la montagna: se la banda è limitata non è possibile "riutilizzare" la banda disponibile ?

## L'avvento delle reti "cellulari" ....

---

- Il segreto per riutilizzare la banda radio disponibile è quello di utilizzare più trasmettitori di limitata potenza e disposti in modo tale sul territorio da coprire ognuno una piccola zona, in modo che due trasmettitori che usano la stessa banda siano sufficientemente lontani tra loro da non interferirsi: **si parla di sistemi "cellulari"**
- Più piccole sono le dimensioni delle "celle" maggiore è il livello di riutilizzo delle frequenze ma maggiore è anche il numero di "stazioni radio" necessarie a coprire un certo territorio.
- I sistemi di prima generazione avevano celle dell'ordine delle decine di KM; si è poi passati a celle di dimensione di qualche KM fino ad arrivare a "microcelle" di poche centinaia di metri.
- Parallelamente il progresso tecnologico ha consentito di realizzare meccanismi di "modulazione" estremamente sofisticati che hanno reso possibile di utilizzare al meglio la poca banda disponibile sui portanti radio.
- L'avvento della digitalizzazione nei sistemi radio cellulari ha consentito di rendere anche tale tipo di reti "service independent": si parla di reti di 4 e 5 generazione.
- Parallelamente grazie alla microelettronica anche i terminali sono diventati molto piccoli e quindi è stato possibile avere terminali mobili personali.

- Purtroppo per riutilizzare la banda radio con le metodica delle reti "cellulari" è necessario avere tantissimi trasmettitori:
  - un utente che si deve collegare alla rete mobile di un certo operatore a Meta si collegherà ad un trasmettitore situato a poche centinaia di metri dalla sua posizione attuale....
  - se inizia una conversazione con la sua amica che si trova a Milano ovviamente la sua amica si collegherà ad un trasmettitore situato a Milano a poche centinaia di metri dalla sua posizione attuale....
  - ovviamente l'operatore radiomobile dovrà fare in modo che i bit prodotti dai due apparecchi cellulari si possano trasferire tra i due trasmettitori a cui i due utenti sono "agganciati".....
  - questo implica che tutte le "stazioni radio base" siano tra loro interconnesse da una rete di trasporto....
  - se uno dei due utenti è in macchina e da Meta si sposta a Sorrento mentre parla ad un certo punto succederà che il trasmettitore di Meta non sarà più utilizzabile.... e sarà necessario agganciarsi ad un trasmettitore che si trova a Sorrento....
  - come si fa a non perdere la connessione ?
  - ci dovrà essere un meccanismo che provvede in maniera velocissima e trasparente a ri-instradare i bit della comunicazione dal vecchio TX al nuovo
  - Il "roaming" è appunto questa complessa funzionalità che consente di non perdere la comunicazione nonostante il cambio di "cella".

- Un altro tema interessante delle reti radio cellulari è il seguente: quando io cerco il mio amico e faccio il suo numero di telefono, come fa la rete a sapere a quale trasmettitore deve mandare i miei bit ?????
- Perchè ciò sia possibile la rete cellulare deve continuamente essere aggiornata sulla posizione di ogni utente: esistono due funzioni allo scopo:
  - l' Home Location Register (HLR): è un registro in cui ogni utente è registrato e che mantiene continuamente aggiornata la sua posizione
  - Visitor Location Register (VLR): è una funzione che tiene conto di chi è attualmente collegato ad una o a un gruppo di "stazioni radio base"
- Ogni volta che un utente viene individuato in una certa area il VLR di quell'area ne registra la presenza .
- Se un terminale viene spento ovviamente scompare dal VLR a cui era registrato... quando viene riacceso ricompare...
- Se arriva una telefonata per un certo utente il suo HLR è in grado di interrogare tutti i VLR della rete e scoprire dove l'utente si trova al momento.
- E' evidente che siamo in presenza di un "grande fratello" che segue tutti i nostri spostamenti.....!!!!!!!

- E' chiaro che grazie alla disponibilità di reti "service independent" è stato possibile ed è possibile inventare sempre nuovi servizi che si diffondono sempre più rapidamente.
- La tendenza a rendere fruibili servizi sempre più avanzati a livello di percezione degli utilizzatori porta necessariamente ad aumentare la "banda" richiesta da ogni singolo utilizzatore a livello del suo terminale o della sua CPE.
- Ne deriva che esistono due ordini di problemi:
  - come potenziare la rete di "accesso"
  - come potenziare la rete di trasporto ( core )
- Per le reti di trasporto grazie alle tecnologie di trasmissione disponibili su portanti ottici non esistono grossi problemi.
- Nella rete di accesso esiste l'enorme problema di raggiungere ogni singola abitazione: il grosso degli investimenti sono appunto legato all'ultimo miglio.
- Le alternative disponibili sono sostanzialmente tre:
  - sfruttare l'esistente rete in rame per l'ultima frazione di miglio in aggiunta alla fibra per attestarsi alle reti core (GPON, FTTC )
  - portare la fibra ottica fino a casa del singolo utente (FTTH)
  - sfruttare le metodiche delle reti cellulari per collegare utenze disperse (LTE)

---

Grazie per l'attenzione !