

# ***Reti di Telecomunicazioni 1***

***Corso "on-line" - AA2006/07  
Blocco 5 (v4)***

***Ing. Stefano Salsano  
e-mail: stefano.salsano@uniroma2.it***

1

- **Ulteriori attributi e classificazione dei servizi**

2

## Attributi dei servizi

- Inizializzazione
  - Su base chiamata
  - Su base prenotazione
  - Su base permanente
  
- Simmetria
  - Unidirezionale
  - Bidirezionale simmetrica
  - Bidirezionale asimmetrica
  
- Configurazione
  - Punto punto
  - Multipunto
  - Diffusiva

3

Nella slide precedente è riportata una classificazione dei servizi di telecomunicazione in base a tre importanti attributi.

Per quanto riguarda la **inizializzazione** di un servizio, questa può avvenire “su base chiamata”, “su prenotazione” o in modo “permanente” (talvolta detto anche “semi-permanente”). L’inizializzazione su base chiamata è tipica ad esempio dei servizi di telefonia, fissa e mobile. La rete attiva la comunicazione tra due terminali su richiesta del chiamante e per il tempo necessario alla conversazione. Al termine di questa, la comunicazione viene disattivata. In una comunicazione “su base chiamata” possono dunque essere distinte tre fasi temporali: l’*instaurazione* della chiamata, la fase attiva con il trasferimento della informazione (*utilizzazione*), l’*abbattimento* infine della chiamata.

Come abbiamo visto in precedenza, l’informazione scambiata tra i terminali e la rete e tra i nodi di rete al fine di **inizializzare** (e rilasciare) il servizio viene detta *informazione di segnalazione*.

**L'inizializzazione "su prenotazione" prevede che il cliente prenoti il servizio in anticipo presso il fornitore del servizio, precisandone in genere la durata e le caratteristiche. La fornitura del servizio può poi avvenire con o senza segnalazione a seconda dei casi. Un esempio di servizi di questo tipo sono le "audio-conferenze" realizzate con l'ausilio di appositi apparati (detti "bridge" di audio-conferenza) messi a disposizione da un operatore. In questo caso la inizializzazione del servizio avviene con segnalazione, dal momento che ciascun partecipante effettua una chiamata verso il numero del "centro servizi" che fornisce il bridge di audio conferenza.**

**L'inizializzazione su base permanente (o "semi-permanente") invece prevede che i servizi siano a disposizione "continuamente" (ad esempio a seguito di un accordo contrattuale con il fornitore del servizio). Non vi è necessità di ulteriori richieste da parte dei terminali nel momento che si debba trasferire l'informazione.**

**Ad esempio vengono spesso realizzati in questo modo i collegamenti in area geografica tra gli apparati di una rete aziendale (es. la rete di una banca con i suoi centri servizi e le sue filiali).**

**Un altro esempio di collegamenti su base permanente sono i "fasci telefonici" che trasportano le chiamate telefoniche tra le centrali. Mentre infatti le singole chiamate all'interno del fascio vengono instaurate "su base chiamata", i fasci tra le centrali sono attivi su base semi-permanente, vengono cioè inizializzati ed eventualmente disattivati in tempi relativamente lunghi, in seguito ad operazioni di configurazione della rete da parte dell'operatore.**

**Per quanto riguarda l'attributo di simmetria, un servizio può essere unidirezionale se prevede il trasferimento di informazione in un solo verso o bidirezionale se prevede trasferimento dell'informazione in entrambi i versi.**

**Ad esempio la diffusione radio-televisiva è un servizio unidirezionale, mentre ovviamente la telefonia è un servizio bi-direzionale. Un servizio di risposta automatica di un messaggio registrato è un servizio unidirezionale, anche se può essere trasportato su una telefonata tradizionale che è invece bi-direzionale.**

**Nel caso dei servizi bi-direzionali si può ulteriormente distinguere se il tipo e il ritmo dell'informazione è la stessa in entrambi i sensi o meno (rispettivamente "bidirezionale simmetrico" o "bidirezionale asimmetrico").**

**Ad esempio la telefonata tradizionale è simmetrica. Il collegamento ADSL tra il modem a casa e il modem nella centrale telefonica è un servizio bidirezionale asimmetrico, perché il ritmo di informazione è maggiore nella direzione dalla centrale verso casa rispetto alla direzione da casa verso la centrale.**

**Per quanto riguarda l'attributo di configurazione, esso può assumere i valori "punto-punto", "multipunto", "diffusivo".**

**Una configurazione punto-punto è ovviamente quella tra due terminali, come il caso dei due utenti di una chiamata telefonica o di un PC che accede ad un server Web su Internet.**

**In una configurazione multipunto i terminali sono più di due. Ad esempio una audio-conferenza o una video-conferenza sono esempi di servizi multipunto.**

**In un servizio diffusivo ("broadcast") si ha un'unica sorgente di informazione che distribuisce informazioni ad un insieme di ricevitori.**

# Configurazione e simmetria

	Uni-direzionale	Bi-direzionale asimmetrico	Bi-direzionale simmetrico
Punto-punto	X	X	X
Multipunto	X	X	X
Diffusivo	X		

9

La slide precedente mostra le possibili relazioni tra configurazione e simmetria.

Un servizio punto-punto può assumere tutti gli attributi di simmetria.

Un servizio diffusivo può essere solo unidirezionale (ad es. la diffusione televisiva via etere o via cavo).

Un servizio multipunto può essere “bidirezionale” simmetrico (ad esempio una audioconferenza in cui tutti i partecipanti ascoltano e possono intervenire), “bidirezionale” asimmetrico (ad esempio una videoconferenza dove alcuni partecipanti ricevono video e audio ma trasmettono solo audio) o unidirezionale.

In quest’ultimo caso si ricade praticamente nella configurazione “diffusiva”, anche se si effettua in genere la seguente distinzione: la configurazione multipunto unidirezionale (o “punto-multipunto”) è caratterizzata da un numero minore di partecipanti e da una relazione più stretta tra sorgente e destinatari (ad esempio una lezione o una conferenza distribuita ad un gruppo definito di destinatari è una configurazione punto-multipunto, mentre un canale televisivo diretto ad una vasta platea potenziale realizza una configurazione diffusiva).

# Modalità di comunicazione

- **Servizi interattivi** {
  - di conversazione
  - di messaggistica
  - di consultazione
- **Servizi distributivi** {
  - con controllo di presentazione
  - senza controllo di presentazione

**Per quanto riguarda le modalità di comunicazione, si distingue tra servizi interattivi e servizi distributivi. Nei servizi interattivi tutte le parti coinvolte nella comunicazione interagiscono trasmettendo e ricevendo informazione. Nei servizi distributivi una sorgente di informazione distribuisce l'informazione ad una molteplicità di destinatari che non interagiscono direttamente con la sorgente.**

**I servizi interattivi si dividono in: servizi di conversazione, in cui l'interazione tra le parti avviene in tempo reale (es. telefonia, video-comunicazione, audio e video conferenza, chat); servizi di messaggistica, in cui l'interazione avviene tramite lo scambio di messaggi (es. posta elettronica, SMS); servizi di consultazione in cui l'utente interagisce con dei server o centri di servizio per reperire l'informazione voluta (ad esempio un server che consente la visione di film oppure l'ascolto di musica in tempo reale, o anche la navigazione web in genere può essere classificata in questa categoria).**

**I servizi distributivi si distinguono in servizi senza il controllo della presentazione e servizi con controllo della presentazione.**

**I servizi distributivi senza controllo della presentazione prevedono che l'utente possa solo ricevere informazione esattamente come questa viene prodotta (ad esempio un canale televisivo o radiofonico).**

**Nei servizi distributivi con controllo della presentazione l'informazione trasmessa è uguale per tutti, ma l'utente può selezionarne una parte. Il tipico esempio è il servizio Televideo che può essere trasmesso insieme ad un canale televisivo. Il servizio prevede che un insieme di pagine di caratteri testuali venga trasmesso ciclicamente, consentendo all'utente di scegliere le pagine che vuole leggere.**

**La televisione "digitale" attualmente in via di introduzione è un servizio distributivo con controllo della presentazione molto più evoluto del televideo, perché consente di distribuire non solo testo ma anche suoni, immagini, filmati in aggiunta al canale televisivo "di base".**

**La televisione "digitale" viene anche definita "interattiva". In realtà l'interattività si ottiene affiancando al servizio "distributivo con controllo della presentazione" un canale di ritorno ottenuto con una linea telefonica. Il "decoder digitale" dovrà quindi essere collegato alla rete telefonica (o in futuro ad un collegamento ADSL) per poter effettivamente fornire un servizio interattivo.**

- **Le risorse di rete**

**L'obiettivo di questa sezione è fornire una serie di definizioni relative alle "risorse" in una rete di TLC e definire il concetto di connessione.**

## Le risorse

- **La fornitura di un servizio in una rete di telecomunicazioni avviene grazie ad un insieme di “risorse” che devono essere messe a disposizione degli utenti che fruiscono del servizio**
- **Più in generale, ogni servizio può venire modellato come una serie di “attività” che hanno bisogno di risorse**
- **Le risorse possono essere ad esempio risorse di trasferimento o risorse di elaborazione.**
- **È fondamentale distinguere tra “risorse condivise” e “risorse indivise”**

17

**Si consideri ad esempio una trama “PCM primaria” che collega il centralino telefonico di una azienda con una centrale telefonica. Si ricorda che la trama “PCM primaria” opera a divisione di tempo e consente 30 conversazioni telefoniche, ciascuna in un “intervallo temporale” diverso all’interno della trama.**

**I trenta intervalli temporali disponibili possono essere visti come “risorse” (in questo caso di trasferimento) necessarie alle “attività” che sono le chiamate telefoniche che devono attraversare il collegamento tra il centralino e la centrale telefonica.**

Un altro esempio sono gli addetti ad un call center di una azienda, che devono rispondere alle chiamate degli utenti. Le chiamate arrivano al call center e se non vi sono operatori disponibili vengono messe in attesa (facendo ascoltare agli utenti qualche “piacevole” melodia ed un messaggio del genere “siete in attesa di essere collegati con il primo operatore disponibile”...)

Gli addetti al call center possono essere visti come risorse di processamento (che devono processare le richieste provenienti dagli utenti).

Un ultimo esempio riguarda i “pacchetti” in una rete che opera a pacchetto. Una volta ricevuti i pacchetti all’interno del nodo, il nodo deve analizzarli per decidere la destinazione. Nel compiere questa operazione un processore all’interno del nodo può essere visto come una *risorsa* di processamento necessaria alla *attività* costituita dal pacchetto.

Una volta individuata la porta di uscita, i pacchetti devono essere trasmessi sul collegamento di uscita. Ogni pacchetto trasmesso occuperà il canale di uscita per un certo tempo (pari alla lunghezza in bit del pacchetto diviso la velocità del collegamento in bit/s). Quindi il collegamento di uscita può essere visto come una *risorsa* di trasferimento necessaria alla *attività* costituita dal pacchetto.

Una volta capito che cosa è una risorsa, è di fondamentale importanza distinguere tra risorse indivise e risorse condivise. Le risorse indivise sono quelle a disposizione di un solo utente in modo permanente. Il tipico esempio di risorsa indivisa è il “doppino” telefonico cioè il cavo in rame che collega le prese telefoniche a casa degli utenti con la centrale telefonica di accesso. Esiste un doppino a disposizione esclusiva di ciascun utente connesso ad una centrale telefonica.

Un esempio di risorsa condivisa sono i “banchi” di modem a disposizione per i collegamenti ad internet di tipo “dial-up” cioè via modem su una chiamata telefonica (detto anche “su linea commutata”). Ogni fornitore di servizi internet “dial-up” ha a disposizione un certo numero di porte modem per accogliere un pari numero di utenti contemporaneamente. Le porte modem sono potenzialmente a disposizione *in modo condiviso* da tutta la popolazione di utenti del fornitore di servizi. In un certo istante però solo una parte della popolazione di utenti potrà accedere al servizio, data la limitazione sul numero di porte disponibili.

## Come assegnare le risorse condivise

- Le risorse condivise vanno assegnate alle attività che ne hanno bisogno
- Le risorse condivise possono essere assegnate alle attività in vari modi:
  - » Pre-assegnazione individuale
  - » Pre-assegnazione collettiva
  - » Assegnazione a domanda

**L'assegnazione delle risorse di tipo pre-assegnazione individuale significa che una certa risorsa viene assegnata per un certo tempo ad un singolo utente, che la vede come sua. È questo il caso dell'esempio precedente (modem per l'accesso ad internet dial-up): una volta effettuata la chiamata se un utente ha ricevuto risposta dal modem del fornitore di accesso ad Internet può rimanere connesso fintanto che non decida di scollegarsi.**

**Allo stesso modo i canali telefonici sui "fasci di giunzione" tra i nodi di una rete telefonica vengono assegnati alle chiamate che lo richiedono in modo esclusivo per tutta la durata delle chiamate.**

**L'assegnazione delle risorse di tipo pre-assegnazione collettiva significa che un certo insieme di risorse viene assegnato per un certo tempo ad un insieme di utenti (o meglio di *attività*). Ciascuna attività quindi non ha l'utilizzo esclusivo di una certa risorsa ed in genere il numero di attività potenzialmente attive contemporaneamente è superiore a quello delle risorse disponibili.**

**Un esempio è quello degli utenti di una rete cellulare di un certo operatore che sono in un certo istante "registrati" su una cella (NB la procedura di registrazione avviene automaticamente ad opera del telefono cellulare, senza l'intervento dell'utente). Questi utenti (e non quelli di un altro operatore) potranno inviare e ricevere SMS sulla cella dell'operatore, ma non hanno nessuna risorsa assegnata in modo dedicato.**

**L'assegnazione delle risorse di tipo assegnazione a domanda significa che non vi sono risorse assegnate ai singoli flussi, ma che ogni risorsa viene assegnata in modo dinamico alle attività che ne fanno richiesta.**

**Ad esempio abbiamo già detto che nelle reti a pacchetto i singoli pacchetti da trasferire sono visti come attività e le risorse da utilizzare sono le risorse di trasferimento sui collegamenti in uscita e le risorse di processamento all'interno del nodo. L'assegnazione di queste risorse può essere fatta "a domanda", cioè il nodo proverà a trasferire ogni singolo pacchetto utilizzando le risorse disponibili in un certo istante (NB: non è l'unico modo possibile!)**

## **Le contese**

- **Quando più attività richiedono contemporaneamente risorse condivise in quantità superiore a quelle disponibili insorge una "contesa"**
- **Vi possono essere contese di pre-assegnazione e contese di utilizzo**
- **Le contese possono essere risolte in modo "orientato alla perdita" o "orientato al ritardo"**

**Ad esempio, si verifica contesa di pre-assegnazione quando ci sono troppe chiamate attive in una cella di una rete cellulare (es. allo stadio durante l'intervallo...). Un utente che voglia effettuare una ulteriore chiamata trova la rete occupata, allo stesso modo le chiamate entranti verso gli utenti della cella non impegnati in chiamate saranno comunque rifiutate.**

**Un altro esempio di contesa di pre-assegnazione, nel caso del call center visto in precedenza, si verifica quando sono occupati tutti gli addetti al call center e sono esaurite anche le linee che consentono di mettere in attesa le chiamate. In questo caso le chiamate entranti troveranno un segnale di “occupato”.**

**In entrambi i casi le contese sono state risolte in modo “orientato alla perdita” cioè le attività che non è stato possibile servire sono state scartate.**

**Ad esempio si verifica una contesa di utilizzo quando in una rete a pacchetto arrivano più pacchetti contemporaneamente diretti verso la stessa porta di uscita. Solo uno dei pacchetti potrà essere trasferito, mentre gli altri andranno “accodati” in un'area di memoria (detta “buffer”) in attesa di essere trasferiti.**

**In questo caso la contesa viene risolta in modo “orientato al ritardo”, cioè le attività che non è possibile servire immediatamente vengono accodate e sono servite al più presto possibile.**

**Nella slide successiva si mettono in relazione le modalità di assegnazione delle risorse con i possibili tipi di contesa.**

**Ovviamente le contese di pre-assegnazione sono possibili solo nelle modalità con pre-assegnazione (individuale o collettiva), mentre le contese di utilizzo si verificano nella modalità con pre-assegnazione collettiva e con assegnazione a domanda.**

**La pre-assegnazione individuale soffre solamente di contese di pre-assegnazione e mai di utilizzo, perché le risorse vengono assegnate in modo esclusivo ad un flusso. Lo svantaggio è che il flusso potrebbe non utilizzare in modo efficiente queste risorse assegnate in modo esclusivo.**

**La assegnazione a domanda soffre solamente di contese di utilizzo, perché non viene fatta pre-assegnazione. Il vantaggio è quello di non avere mai un “rifiuto” di instaurazione di una chiamata, lo svantaggio è che non si hanno garanzie di avere le risorse disponibili quando servono.**

**La pre-assegnazione collettiva soffre di entrambi i tipi di contese (di pre-assegnazione e di utilizzo)... e questo potrebbe sembrare uno svantaggio.**

**In realtà questa è la tecnica potenzialmente più sofisticata perché offre i maggiori gradi di libertà nel definire le strategie di allocazione delle risorse. È quindi concettualmente possibile cercare il miglior compromesso tra la probabilità di ricevere rifiuto durante l’instaurazione delle chiamate, la probabilità di non avere risorse disponibili durante il trasferimento dell’informazione e l’efficienza di utilizzazione delle risorse.**

## Assegnazione risorse e contese

	Pre-assegnazione individuale	Pre-assegnazione collettiva	Assegnazione a domanda
Contese di pre-assegnazione	X	X	
Contese di utilizzo		X	X

31

## La connessione

- **Trasferimento di informazione “con connessione”:**
  - Necessità di accordo preventivo
  - Si individuano tre fasi:
    - » Instaurazione
    - » Trasferimento
    - » Abbattimento
- **Trasferimento di informazione “senza connessione”**
  - Non c'è accordo preventivo
  - C'è una sola fase:
    - » Trasferimento

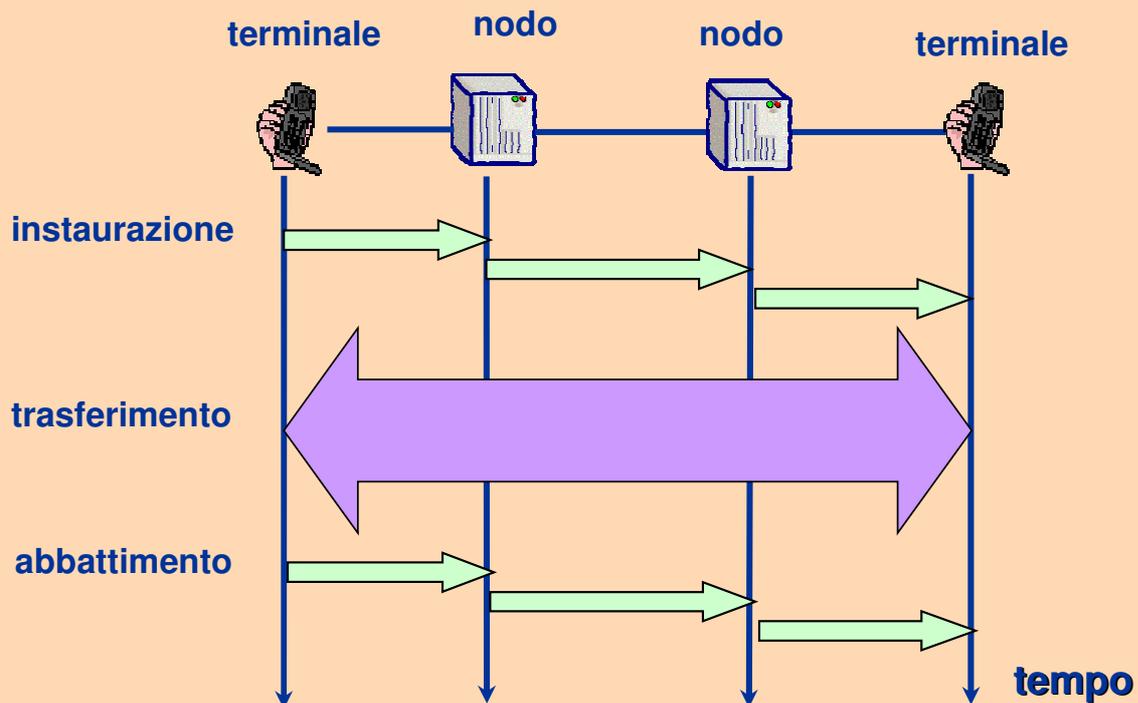
32

Il trasferimento di informazione può avvenire “con connessione” o “senza connessione”.

Nel primo caso esiste un accordo “preventivo” tra chi trasmette, chi riceve ed eventualmente la rete che consente il trasferimento. Ci deve essere quindi una fase di “instaurazione” della connessione prima che possa avvenire il trasferimento di informazione. Al termine della fase di trasferimento la connessione può essere “abbattuta” (“rilasciata”).

Nella fase di “instaurazione” della connessione si realizza l’accordo tra le parti e si stabiliscono una serie di associazioni logiche che consentono il corretto trasferimento e utilizzazione dell’informazione.

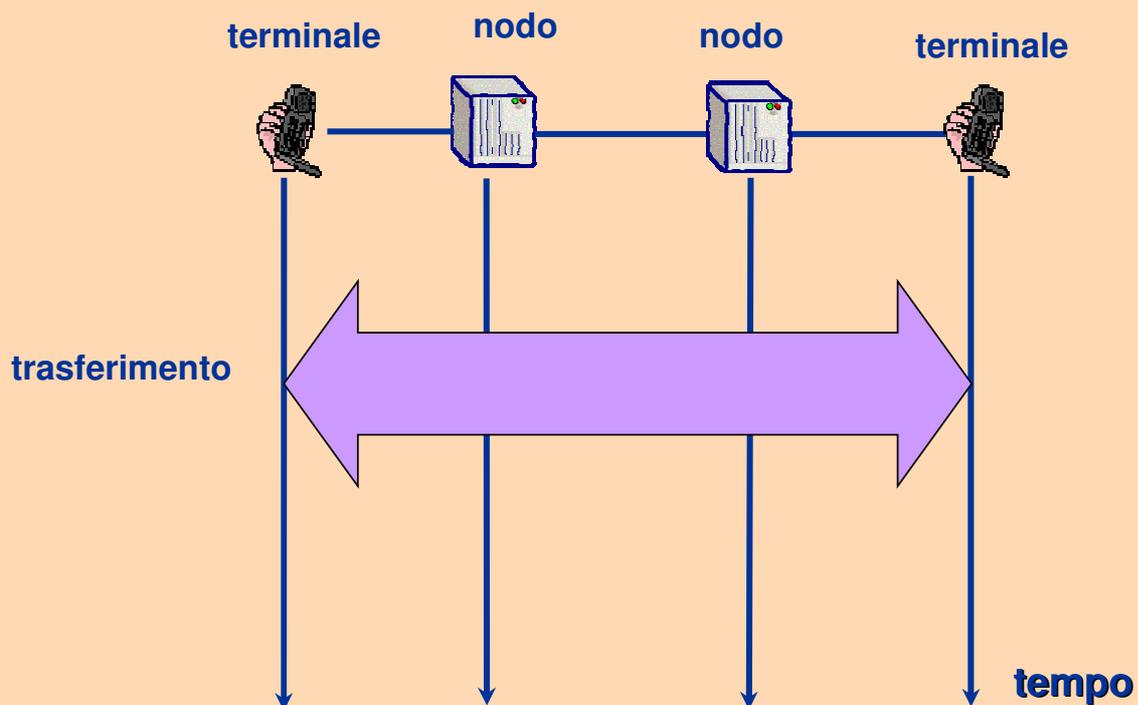
## Trasferimento con connessione



Nella slide precedente la fase di instaurazione è rappresentata immediatamente prima della fase di trasferimento. Questo corrisponde ad una inizializzazione “su base chiamata” secondo la classificazione fatta in precedenza. Si noti che si può anche avere un trasferimento con connessione ma una inizializzazione “su base permanente”, in questo caso l’instaurazione viene fatta a priori e si può avere una fase di trasferimento non immediatamente successiva.

Nel caso di trasferimento “senza connessione” non è necessario stabilire un accordo preventivo e il trasferimento dell’informazione può avvenire in qualunque momento.

## Trasferimento senza connessione



La slide successiva analizza la relazione tra modalità con e senza connessione e modalità di assegnazione delle risorse.

Come si può vedere, il caso con connessione può essere associato a tutti i modi possibili di assegnazione delle risorse (pre-assegnazione individuale o collettiva, assegnazione a domanda). Il caso senza connessione invece può essere associato esclusivamente ad all'assegnazione a domanda delle risorse.

## Assegnazione risorse e modalità connessione

	Pre-assegnazione individuale	Pre-assegnazione collettiva	Assegnazione a domanda
Con connessione	X	X	X
Senza connessione			X

## Con stato / senza stato

- **Modalità con connessione:**
  - c'è "informazione di stato" relativa ai flussi
  - il nodo opera in maniera "stateful" rispetto ai flussi
  - la dimensione dell'informazione di stato cresce linearmente con il numero dei flussi
- **Modalità senza connessione:**
  - non c'è "informazione di stato" relativa ai vari flussi
  - il nodo opera in maniera "stateless" rispetto ai flussi
  - l'informazione di stato del nodo non dipende dal numero dei flussi

39

**Consideriamo un nodo di rete che opera "con connessione". Per realizzare all'interno di tale nodo le connessioni relative ai vari flussi è necessario mantenere una serie informazioni globalmente dette informazione "di stato" relativa ai flussi.**

**Al contrario, un nodo che opera con modo di trasferimento senza connessione non manterrà al suo interno alcuna informazione di stato relativa ai singoli flussi.**

**La necessità di gestire l'informazione di stato può diventare un problema al crescere delle dimensioni del nodo (in termini di numero di porte e capacità delle singole porte) e quindi del numero di flussi da esso supportati.**

**La rete telefonica opera mantenendo l'informazione di stato relativa ai flussi in tutti i nodi coinvolti nel trattamento della chiamata.**

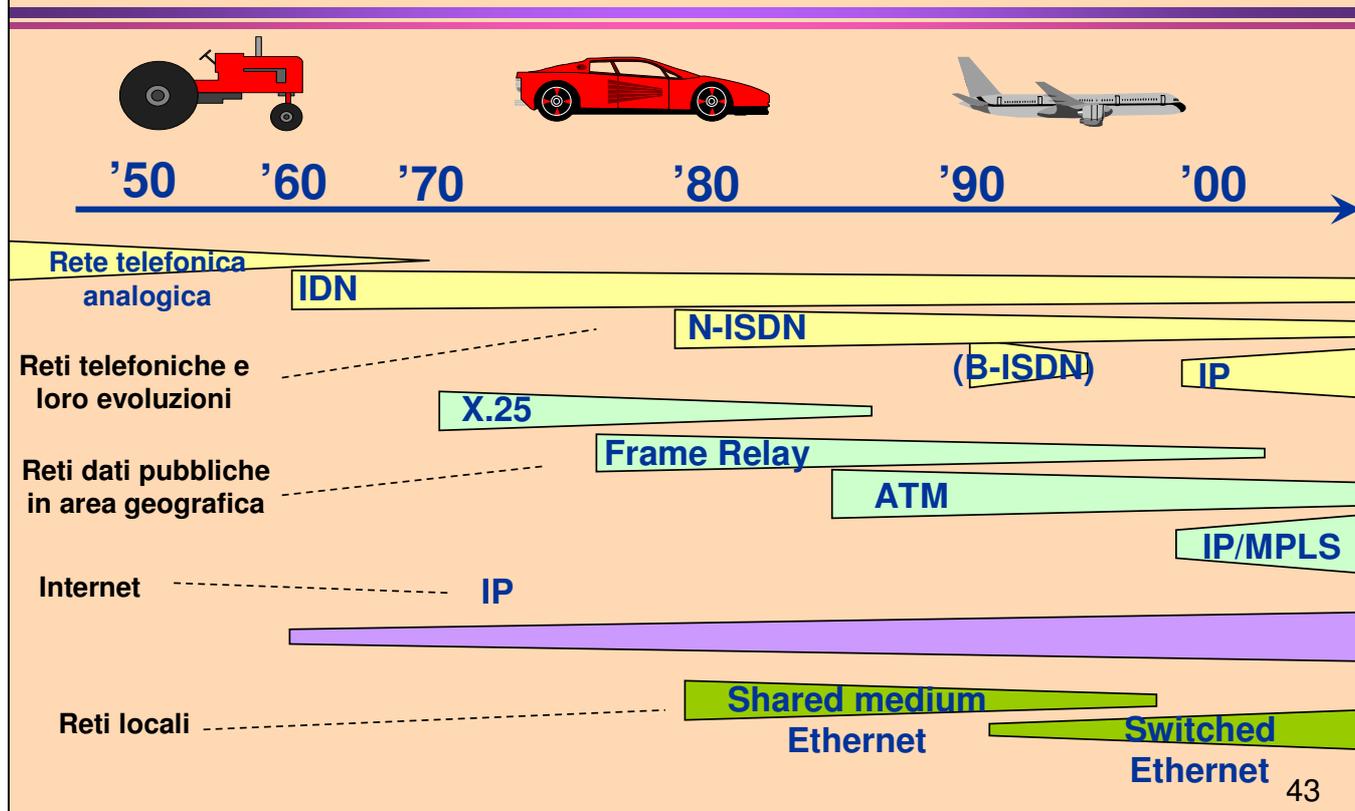
**Se consideriamo invece la rete Internet, i suoi nodi (detti "router") non mantengono informazione di stato relativa ai flussi. Sono quindi in grado di gestire senza problemi un numero molto elevato di flussi.**

**L'assenza di informazione di stato e della necessità di instaurare le connessioni inoltre rende molto più semplici le procedure di rete, facilitando ad esempio l'interconnessione di reti diverse (e questo è stato probabilmente uno dei motivi dello sviluppo della rete Internet).**

**Si tenga però presente che avere informazione di stato relativa ai flussi è necessario se si vogliono realizzare alcune funzionalità come il conteggio delle risorse di rete utilizzate e il relativo addebito sulla "bolletta" dell'utente.**

- **Panoramica sulla evoluzione delle reti**

# Evoluzione delle reti



43

## Legenda della slide precedente:

**IDN** Integrated Digital Network

**N-ISDN** Narrowband-Integrated Services Digital Network

**B-ISDN** Broadband-Integrated Services Digital Network

**ATM** Asynchronous Transfer Mode

**MPLS** Multiprotocol Label Switching

**Per concludere queste lezioni di introduzione sui concetti di base delle reti di telecomunicazioni, proviamo a discutere con l'ausilio del grafico riportato nella slide precedente l'evoluzione "storica" dei diversi tipi di rete.**

**Ovviamente quest'analisi è fatta in modo molto semplificato, senza pretesa di essere esaustivi né rigorosi...**

**Sono evidenziate anzitutto le reti per la telefonia e le loro evoluzioni. La rete telefonica pubblica è stata realizzata a partire dai primi decenni del '900 e fino agli anni '50 utilizzando tecniche di trasmissione, moltiplicazione e commutazione "analogiche" (inizialmente addirittura "manuali", poi elettromeccaniche, poi elettroniche). A partire dagli anni '60 vi è stata l'introduzione delle tecniche di moltiplicazione e commutazione digitali e si è andata realizzando la rete telefonica digitale detta IDN, che è ancora in uso ai giorni nostri (ovviamente con apparati di tipo diverso da quelli degli anni '60). Con la IDN le centrali telefoniche diventano di fatto degli elaboratori elettronici che operano secondo un programma memorizzato (le centrali sono di tipo "SPC" – Stored Program Control).**

**Alla fine degli anni '70 nasce da parte degli operatori l'idea di utilizzare la rete telefonica digitale per offrire altri servizi come il trasferimento di dati digitali. Viene definito quindi il modello della ISDN, rete digitale integrata nei servizi. L'idea è di sfruttare una sola rete per il traffico voce e dati. La ISDN che viene inizialmente definita è detta N-ISDN dove N sta per Narrow band ossia "a banda stretta". I servizi che offre la N-ISDN agli utenti sono l'accesso base (2 canali a 64 kb/s) o l'accesso primario (30 canali per un totale di 2 Mb/s). Il limite fondamentale della N-ISDN è che offre comunque un modo di trasferimento a circuito, che è poco efficiente per le esigenze dei servizi dati. La N-ISDN è stata comunque realizzata ed è ancora oggi operativa, anche se la sua diffusione è in calo.**

**Nella seconda metà degli anni '80 gli operatori pensarono quindi di definire una nuova rete detta B-ISDN dove B sta per Broadband cioè "a banda larga". Le caratteristiche fondamentali avrebbero dovuto essere: capacità di accesso maggiori di 2 Mb/s e possibilità di fornire modo di trasferimento a pacchetto, adatto per le applicazioni dati.**

**La rete B-ISDN avrebbe dovuto consentire agli operatori di fornire agli utenti servizi multimediali come video-comunicazione, visione di film su richiesta, distribuzione della televisione, oltre a servizi di trasferimento dati ad alta velocità (fino a 155 Mb/s).**

**La rete B-ISDN non ha però avuto successo per una serie di motivi, tra cui il contemporaneo successo di una tecnologia “concorrente” cioè la tecnologia IP su cui si basa la rete Internet.**

**Si può forse dire che molti dei servizi che si pensava di fornire sulla rete B-ISDN sono oggi fruibili su Internet (o su reti private basate su IP) potendo avere un accesso di sufficiente capacità (es. ADSL a 640 kb/s).**

**La seconda classe di reti è costituita dalle reti dati “pubbliche” in area geografica. In questa categoria rientrano le tecnologie che sono utilizzate dagli operatori per offrire servizi di trasferimento dati in area geografica cioè su lunga distanza. La prima tecnologia in ordine è la tecnologia X.25, poi seguita dalla tecnologia Frame Relay e da quella ATM. Senza entrare nel merito delle caratteristiche, ovviamente le tecnologie più recenti offrono capacità maggiori e servizi più avanzati. Ad esempio gli ordini di grandezza tipici dei bit rate per queste tecnologie sono: X.25 64kb/s – Frame Relay 2 Mb/s – ATM 155 Mb/s.**

**L’ATM ha poi la caratteristica particolare di essere pensato non solo per il trasferimento di dati ma anche per servizi di tipo come la voce e il video (e per questo era stato pensato per essere il modo di trasferimento della B-ISDN).**

**Come mostrato dalla slide X.25 è ormai quasi completamente in disuso, vi sono pochi casi di “eredità” di Frame Relay rimasti in campo, mentre per quanto riguarda ATM la tecnologia è ancora in uso ma è destinata ad andare via via in calo.**

**Anche qui la tendenza più recente è quella di offrire servizi di trasferimento dati in area geografica direttamente su tecnologia IP, eventualmente con una sua estensione detta MPLS.**

**Chiudiamo questa analisi con le ultime due “categorie” di reti. Per quanto riguarda Internet, essa è nata e si è sviluppata con la tecnologia IP. Negli ultimi 10 anni la rete Internet e la tecnologia IP hanno avuto uno sviluppo esponenziale e la tendenza attuale sembra essere quella di un ulteriore sviluppo.**

**Infine sono presentate le reti locali. La tecnologia che si è rivelata vincente (ed è l'unica riportata) è la “Ethernet”. Inizialmente si basava su un mezzo condiviso (un cavo coassiale), poi è stata sostituita da una tecnologia “commutata” (“switched”) in cui i nodi detti “switch” trasferiscono l'informazione tra i terminali. La velocità era inizialmente di 10 Mb/s, ora è tipicamente di 100 Mb/s ma è anche disponibile la versione a 1Gb/s.**