

Modalità di comunicazione nelle reti

Scritto da [Febogamedev](#)

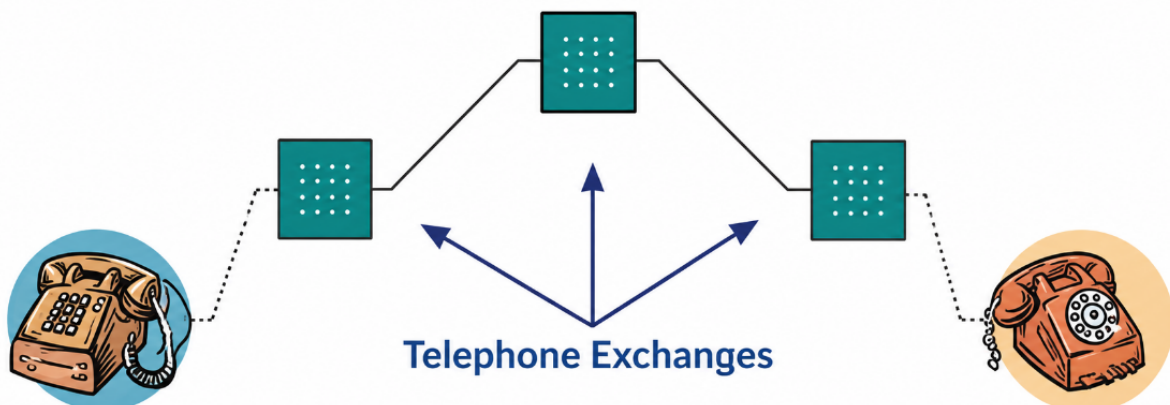
Dopo aver visto i principali dispositivi fisici di una rete, possiamo chiederci in che modo i dati vengono effettivamente trasmessi.

Le reti possono usare diverse modalità di comunicazione, cioè diversi modi per collegare i dispositivi e far viaggiare le informazioni (Kurose & Ross, 2026; Tanenbaum et al., 2021).

Commutazione di circuito

La **commutazione di circuito** è tipicamente associata a comunicazioni orientate alla connessione, perché, prima dello scambio dei dati, viene stabilito un percorso dedicato. Ciò avviene, ad esempio, nella rete telefonica tradizionale: durante una chiamata si realizza un circuito temporaneo che collega i due interlocutori attraverso una serie di connessioni tra centrali telefoniche successive (Kurose & Ross, 2026; Tanenbaum et al., 2021).

Le risorse trasmissive (linee e capacità delle centrali) rimangono riservate alla comunicazione fino al termine della chiamata (Kurose & Ross, 2026).



La commutazione di circuito può comportare un utilizzo inefficiente delle risorse trasmissive, poiché, quando i due interlocutori sono in silenzio, le risorse riservate non vengono impiegate per trasmettere informazioni utili e non possono essere utilizzate da altre comunicazioni (Kurose & Ross, 2026).

Esempio

Immaginiamo di avere due telefoni, uno nella città A e l'altro nella città B, e vogliamo stabilire una chiamata telefonica diretta tra di essi utilizzando la commutazione di circuito:

- Inizializzazione: quando l'utente nella città A compone il numero del telefono nella città B, la centrale telefonica locale della città A rileva la richiesta di chiamata e avvia la creazione di un circuito dedicato per la comunicazione tra A e B.
- Connessione: la centrale telefonica della città A stabilisce una connessione fisica o virtuale (circuito) attraverso la rete di telecomunicazioni fino alla centrale telefonica nella città B. Durante questa fase, vengono riservate risorse e canali di comunicazione per l'intera durata della chiamata.
- Comunicazione: una volta che la connessione è stata stabilita, gli utenti nelle città A e B possono iniziare a parlare e ad ascoltarsi. Poiché è stata stabilita una connessione dedicata, i dati vocali vengono trasmessi in modo continuo, con capacità trasmissiva riservata, consentendo una comunicazione in tempo reale tra i due utenti.
- Terminazione: quando uno degli utenti termina la chiamata, il sistema di commutazione di circuito rilascia la connessione dedicata, liberando le risorse di rete precedentemente riservate.

Commutazione di pacchetto

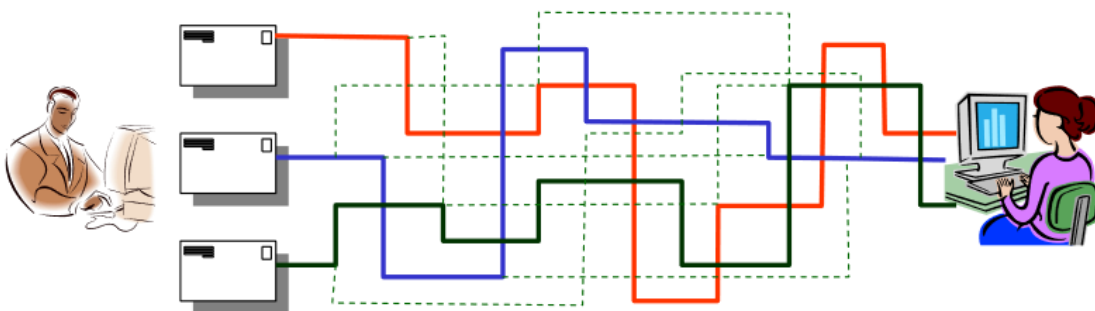
La **commutazione di pacchetto** può funzionare anche senza stabilire un percorso dedicato in anticipo: i pacchetti vengono affidati alla rete e possono seguire percorsi diversi (Kurose & Ross, 2026; Tanenbaum et al., 2021).

Le informazioni da trasmettere vengono confezionate in pacchetti di dati e affidate alla rete con l'indicazione dell'indirizzo del destinatario, come avviene, ad esempio, nel sistema postale.

La rete ha quindi il compito di instradare e trasportare ciascun pacchetto fino a destinazione.

A differenza della commutazione di circuito, la commutazione di pacchetto:

- Utilizza le risorse trasmissive in modo più efficiente, poiché ciascun utente le impiega solo per il tempo necessario alla trasmissione dei propri pacchetti; subito dopo, le stesse risorse possono essere utilizzate da altri utenti (Kurose & Ross, 2026).
- Di per sé non garantisce né un tempo massimo di consegna né l'ordine di arrivo dei pacchetti; in Internet, infatti, la rete opera secondo il modello *best effort* (Postel, 1981).



La commutazione di pacchetto è molto flessibile ed efficiente, ma può introdurre ritardi variabili (Kurose & Ross, 2026).

Per questo le applicazioni in tempo reale, come telefonate via Internet, videoconferenze o giochi online, richiedono protocolli e tecniche specifiche per ridurre ritardi e interruzioni (Kurose & Ross, 2026).

Per esempio, durante la ricezione di un file o di un'e-mail, un breve ritardo può risultare poco evidente; nel caso di un evento in tempo reale, come una telefonata, anche un secondo di ritardo può invece essere percepito dai due interlocutori.

Internet usa la commutazione di pacchetto: i dati vengono suddivisi in pacchetti e inoltrati attraverso la rete. Alcuni protocolli aggiungono poi controlli per gestire l'ordine dei dati, rilevare gli errori e aumentare l'affidabilità della comunicazione (Kurose & Ross, 2026; Postel, 1981).

Esempio

Supponiamo che tu voglia inviare un'e-mail contenente un messaggio di testo e alcune immagini a un amico. Utilizzando la commutazione di pacchetto, il processo potrebbe essere il seguente:

- Suddivisione in pacchetti: il messaggio di testo e le immagini vengono suddivisi in piccoli pacchetti di dati. Ad esempio, il messaggio di testo potrebbe essere diviso in più pacchetti, così come ogni immagine.
- Instradamento: i pacchetti vengono ora instradati attraverso la rete. Durante questo processo, pacchetti differenti possono seguire percorsi diversi verso la destinazione. Ciò avviene perché vengono inoltrati in base alle informazioni di instradamento disponibili in quel momento.
- Trasmissione: i pacchetti viaggiano attraverso la rete, attraversando diversi router lungo il percorso. Ogni dispositivo di rete li inoltra al nodo successivo, seguendo le istruzioni di instradamento per raggiungere la destinazione.
- Arrivo alla destinazione: una volta raggiunta la destinazione, i pacchetti vengono elaborati. I protocolli usati nella comunicazione permettono di controllare l'arrivo dei dati e di ricostruire il messaggio originale. Se necessario, i pacchetti vengono riordinati e i dati vengono ricomposti nell'e-mail originale, che comprende il messaggio di testo e le immagini.
- Visualizzazione del messaggio: il tuo amico riceve e apre l'e-mail, quindi visualizza il testo e le immagini ricevute.

Tipologie di canali di trasmissione

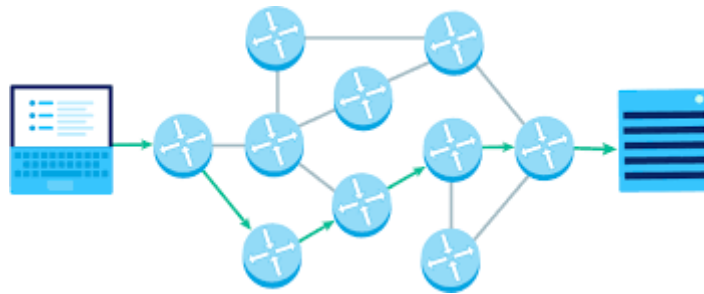
Esistono due tipi di canali di trasmissione ampiamente impiegati:

- Collegamenti punto a punto.
- Broadcast.

I collegamenti punto a punto connettono coppie di dispositivi (Tanenbaum et al., 2021).

In una rete composta da collegamenti punto a punto, se la sorgente e la destinazione non sono collegate direttamente, i pacchetti devono attraversare uno o più dispositivi intermedi. I singoli collegamenti punto a punto sono detti **link**.

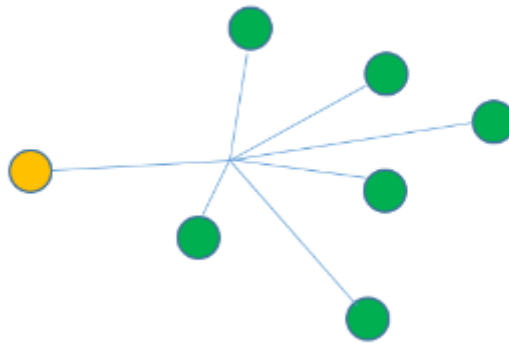
Nel suo significato più basilare, un link rappresenta il collegamento diretto tra due nodi della rete.



Un insieme di link che collega un client a un server

Al contrario, nelle **reti broadcast** esiste un solo canale di comunicazione condiviso da tutte le macchine della rete: i pacchetti inviati da una macchina vengono ricevuti da tutte le altre macchine collegate al canale (Tanenbaum et al., 2021).

Alla ricezione del pacchetto, ogni macchina controlla l'indirizzo di destinazione: se corrisponde a quello della macchina ricevente, il pacchetto viene elaborato; altrimenti, viene ignorato (Tanenbaum et al., 2021).



Il nodo giallo è il server; i nodi verdi sono i client

Materiale di supporto

Elementi chiave

- **La commutazione di circuito** crea un percorso dedicato tra mittente e destinatario per tutta la durata della comunicazione.
- Le risorse restano riservate anche quando non vengono utilizzate, rendendo il sistema meno efficiente.
- **La commutazione di pacchetto** divide i dati in pacchetti che possono seguire percorsi diversi nella rete.
- Le risorse vengono usate solo durante la trasmissione, migliorandone l'efficienza.
- La rete opera secondo il principio **best effort**: non garantisce tempi, ordine di arrivo o assenza di ritardi.
- Internet utilizza la commutazione di pacchetto; i protocolli possono controllare errori, ordine e ricostruzione dei dati.
- **Nei collegamenti punto a punto o unicast**, ogni link collega direttamente due nodi.
- **Nelle reti broadcast**, tutti i dispositivi ricevono il pacchetto, ma solo il destinatario indicato lo elabora.

Esercizi

Una linea sempre riservata

Due sedi di un'azienda devono comunicare per un'ora. Il sistema utilizzato stabilisce prima della comunicazione un percorso dedicato tra le due sedi e mantiene riservate le risorse necessarie fino alla fine della sessione.

Durante l'ora di collegamento, però, per diversi minuti non viene trasmesso alcun dato.

Rispondi alle seguenti domande:

- Individua quale modalità di commutazione viene utilizzata e motiva la risposta.
- Descrivi le fasi di inizializzazione, connessione, comunicazione e terminazione.
- Spiega cosa accade alle risorse di rete durante i periodi in cui le due sedi non trasmettono dati.
- Spiega perché questa modalità può comportare un utilizzo inefficiente delle risorse trasmissive.
- Indica quale vantaggio può offrire comunque la presenza di un percorso dedicato durante la comunicazione.

Dieci utenti devono condividere la stessa rete

Una rete viene utilizzata contemporaneamente da dieci utenti. Ogni utente trasmette dati soltanto per brevi intervalli e rimane inattivo per gran parte del tempo.

Vengono proposte due soluzioni:

- Soluzione A: riservare a ogni utente una parte delle risorse per tutta la durata della connessione.

- Soluzione B: utilizzare le risorse solo quando un utente deve effettivamente trasmettere dei pacchetti, rendendole poi disponibili agli altri.

Analizza le due soluzioni.

- Associa ciascuna soluzione alla commutazione di circuito o alla commutazione di pacchetto.
- Spiega quale delle due utilizza generalmente le risorse in modo più efficiente nella situazione descritta.
- Spiega cosa accade nella soluzione A quando un utente rimane inattivo.
- Spiega come possono invece essere condivise le risorse nella soluzione B.
- Indica quale soluzione può comportare una maggiore variabilità dei ritardi.
- Scegli la soluzione che ritieni più adatta per questo caso e motiva la risposta.

Un messaggio attraversa Internet

Devi inviare a un amico un'e-mail contenente testo e alcune immagini. Il messaggio viene trasmesso attraverso Internet utilizzando la commutazione di pacchetto.

Ricostruisci quello che accade.

- Spiega perché il contenuto dell'e-mail viene suddiviso in più pacchetti.
- Indica quale informazione consente alla rete di conoscere la destinazione dei pacchetti.
- Spiega perché pacchetti appartenenti allo stesso messaggio possono seguire percorsi differenti.
- Descrivi quale funzione svolgono i router incontrati lungo il percorso.
- Spiega perché i pacchetti potrebbero non arrivare necessariamente nello stesso ordine in cui sono stati inviati.
- Descrivi cosa deve avvenire alla destinazione per permettere all'utente di visualizzare nuovamente il messaggio completo.
- Ricostruisci infine l'intero processo usando la sequenza suddivisione → instradamento → trasmissione → arrivo → ricostruzione.

Download e videoconferenza

Uno studente sta contemporaneamente:

- Scaricando un file di grandi dimensioni.
- Partecipando a una videoconferenza.

In entrambi i casi i dati viaggiano attraverso una rete a commutazione di pacchetto. In un determinato momento la rete diventa congestionata e alcuni pacchetti subiscono ritardi variabili.

Rispondi alle seguenti domande:

- Spiega perché il ritardo può essere poco evidente durante il download del file ma molto evidente durante la videoconferenza.
- Spiega cosa significa che una rete a commutazione di pacchetto opera secondo una logica best effort.
- Spiega perché la rete non garantisce necessariamente un tempo massimo di percorrenza per ogni pacchetto.
- Indica quale delle due applicazioni è più sensibile ai ritardi e motiva la risposta.

- Immagina che alcuni pacchetti arrivino fuori ordine. Spiega perché questo comportamento è compatibile con la commutazione di pacchetto descritta nella dispensa.
- Spiega perché applicazioni in tempo reale come videoconferenze, telefonate via Internet e videogiochi online richiedono particolare attenzione alla gestione dei ritardi.

Ricostruire un percorso punto-punto

Un computer A deve inviare dati a un server B. I due dispositivi non sono collegati direttamente, ma tra loro esistono diversi dispositivi intermedi.

Il percorso seguito è:

Computer A → Router 1 → Router 2 → Router 3 → Server B

Analizza la comunicazione.

- Individua quanti collegamenti diretti, o link, compongono il percorso indicato.
- Spiega che cosa si intende per collegamento punto-punto.
- Spiega perché Computer A e Server B possono comunicare anche se non possiedono un collegamento diretto tra loro.
- Descrivi cosa deve accadere a un pacchetto per passare dalla sorgente alla destinazione.
- Immagina che esista anche un percorso alternativo attraverso Router 4 e Router 5. Spiega perché, in una rete a commutazione di pacchetto, pacchetti differenti potrebbero teoricamente raggiungere lo stesso server attraverso percorsi diversi.
- Spiega la differenza tra il singolo link e il percorso completo formato da più link.

Un messaggio per tutti, ma destinato a uno solo

In una piccola rete viene utilizzato un unico canale di comunicazione condiviso da tutti i dispositivi.

Il computer A invia un pacchetto destinato al computer D. Anche i computer B, C ed E ricevono il pacchetto attraverso il canale condiviso.

Rispondi alle seguenti domande:

- Individua quale tipologia di canale di trasmissione viene utilizzata.
- Spiega perché anche B, C ed E ricevono il pacchetto.
- Indica quale informazione devono controllare i dispositivi quando ricevono il pacchetto.
- Spiega cosa deve fare il computer D dopo aver verificato che il pacchetto è indirizzato al computer D.
- Spiega cosa devono fare invece B, C ed E.
- Confronta questa modalità con una rete basata su collegamenti punto-punto.

Un altro studente afferma: «Se tutti ricevono il pacchetto, allora tutti devono necessariamente elaborarne il contenuto».

Valuta l'affermazione e spieganone l'errore utilizzando il funzionamento delle reti broadcast descritto nella dispensa.

Bibliografia

Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2026). *Computer networking: A top-down approach* (9th ed.). Pearson.

<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/computer-networking-a-top-down-a-pproach/P200000013385/9780135415603>

Postel, J. (1981). *Internet protocol (RFC 791)*. RFC Editor.

<https://doi.org/10.17487/RFC0791>

Tanenbaum, A. S., Feamster, N., & Wetherall, D. J. (2021). *Computer networks* (6th ed.). Pearson.

<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/computer-networks/P200000003188/9780137523214>

Approfondimenti

- James F. Kurose e Keith W. Ross, Reti di calcolatori e Internet. Un approccio top-down, 8^a ed., Pearson, 2022 — Approfondisce la commutazione di pacchetto, i ritardi, le perdite, il throughput e il modo in cui i dati attraversano il nucleo della rete.
- Andrew S. Tanenbaum, Nick Feamster e David J. Wetherall, Reti di calcolatori, 6^a ed., Pearson, 2023 — Spiega con rigore la commutazione di circuito e di pacchetto, i canali condivisi, le reti broadcast e i collegamenti punto-punto.
- Behrouz A. Forouzan, Firouz Mosharraf e Gaia Maselli, Reti di calcolatori. Un approccio top-down, 2^a ed., McGraw Hill, 2024 — Presenta i concetti fondamentali con numerosi schemi ed esercizi, seguendo il percorso dei pacchetti tra i diversi livelli della rete.
- Achille Pattavina, Internet e reti. Fondamenti, 3^a ed., Pearson, 2022 — Collega le architetture di Internet ai principi delle reti di telecomunicazione, con attenzione a multiplazione, commutazione e instradamento.
- Alessandro Falaschi, Sistemi di telecomunicazione, nuova ed., Youcanprint, 2023 — Approfondisce la teoria del traffico e confronta reti a commutazione di circuito e di pacchetto nel contesto dei sistemi di trasmissione.

Nota editoriale

Per la realizzazione di questi materiali ho utilizzato strumenti di intelligenza artificiale generativa come supporto alla scrittura, in particolare per migliorare la forma del testo, riorganizzare i contenuti, correggere la formulazione e velocizzare alcune attività redazionali.

Lavorando autonomamente alla produzione di questi materiali, cerco infatti di automatizzare tutte le attività che possono esserlo, così da poter dedicare più tempo alla ricerca, alla progettazione e allo sviluppo dei contenuti.

L'intelligenza artificiale non determina però i contenuti dell'opera: la scelta degli argomenti, la struttura, le idee, le interpretazioni, gli esempi e l'impostazione didattica sono elaborati da me. L'IA viene quindi utilizzata principalmente come strumento di supporto alla produzione e alla revisione formale, mentre la responsabilità autoriale e progettuale dei contenuti rimane mia.

Salvo diversa indicazione, questo materiale è distribuito con licenza Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale (CC BY-NC-SA 4.0).

È quindi possibile condividere, ridistribuire, modificare e creare opere derivate a partire dal materiale, a condizione di attribuirne correttamente la paternità, di non utilizzarlo per scopi commerciali e di distribuire eventuali versioni modificate o derivate con la stessa licenza.

