**Gestione della congestione in TCP – Slow Start e Congestion Avoidance.**

**Contesto generale:**

* La rete TCP/IP adotta un modello **Best Effort**: non rifiuta nuovi utenti, ma può andare in **congestione** se i router si saturano.
* TCP rileva la congestione tramite **timeout**: se un ACK non arriva in tempo, si presume che il pacchetto sia andato perso per congestione (non per errori di trasmissione, rari nelle reti moderne).
* La gestione della congestione è **end-to-end**: TCP prende decisioni basandosi su deduzioni locali, non su dati di rete diretti.

**Finestra di congestione:**

* TCP usa una variabile chiamata **finestra di congestione (congestion window)** per limitare il numero di byte non ancora confermati in rete.
* Il numero massimo di byte trasmissibili è:

maxWindow = min (Finestra di Congestione, Finestra di Ricezione)

**Algoritmi principali (RFC 5681):**

Due algoritmi fondamentali lavorano insieme:

**1. Slow Start:**

* All’inizio, la finestra di congestione parte da un valore basso (es. 1 KB).
* Per ogni ACK ricevuto, la finestra **raddoppia** 🡪 crescita **esponenziale**.
* Questo continua fino a raggiungere una **soglia (threshold)**, inizialmente 64 KB.

**2. Congestion Avoidance:**

* Superata la soglia, la crescita diventa **lineare**: si aggiunge 1 KB per ogni ACK.
* Se si verifica un **timeout** (segno di congestione):
  + La soglia viene dimezzata.
  + La finestra di congestione torna al valore iniziale (es. 1 KB).
  + Si riparte con **slow start**.

**Esempio pratico:**

* Inizio: finestra = 1 KB.
* Slow start: 2 KB → 4 KB → 8 KB → 16 KB → 32 KB → 64 KB.
* Raggiunta la soglia (64 KB), si passa a congestion avoidance: 65 KB → 66 KB → … → 70 KB.
* A 70 KB: **timeout** → congestione rilevata.
  + Soglia dimezzata: 35 KB.
  + Finestra riportata a 1 KB.
  + Si riparte con slow start.

