



# Università degli Studi di Bergamo

---

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E SCIENZE APPLICATE**



# RETI INTERNET MULTIMEDIALI

---

## Esercitazione 2

# VOIP

---

# Esercizio 1

## Dimensionamento

---

- Si consideri un sistema VoIP che operi con codifica G.729 a  $r=8$  kbit/s. L'intervallo di pacchettizzazione è fissato a  $T=20$ ms. Si abbia a disposizione un canale con capacità a livello IP pari a  $C=2$  Mbit/s.
  - a) Si valuti il numero di flussi  $M_1$  che possono essere trasportati
  - b) Si supponga che venga utilizzato un sistema di soppressione dei silenzi, che riduce il rate di generazione in media del 40% rispetto al valore originario, mantenendo inalterato l'intervallo di pacchettizzazione. Quanti flussi possono essere trasportati ( $M_2$ )?
  - c) Si determini la percentuale di riduzione introdotta da un algoritmo di header compression tale da garantire un numero di flussi  $M_3=200$ , in presenza dell'algoritmo di soppressione dei silenzi del punto b)

# Esercizio 2

## Dimensionamento

---

- Si consideri un sistema VoIP che utilizzi le codifiche G.711 (64 kbit/s) con intervallo di pacchettizzazione  $T_1=20$  ms e G.729 (8 kbit/s) con intervallo di pacchettizzazione  $T_2=30$ ms. Supponendo che una frazione  $W=40\%$  dei flussi nel sistema utilizzi G.711, calcolare l'overhead complessivo a livello IP rispetto al carico totale

# Esercizio 3

## Dimensionamento

---

- Si consideri un sistema VoIP in cui coesistono 4 diverse tipologie di flussi, caratterizzate da codifiche vocali differenti:

1. Codec G.729 con  $r_1=8$  kbit/s e  $T_1=20$  ms
2. Codec G.711 con  $r_2=64$  kbit/s e  $T_2=40$  ms
3. Codec G.726 con  $r_3= 32$  kbit/s e  $T_3= 30$  ms
4. Codec GSM con  $r_4= 13$  kbit/s e  $T_4= 10$  ms

Nel sistema coesistono il 25% di flussi di tipo 1, il 30% di flussi di tipo 2, il 20% di flussi di tipo 3 ed il 25% di flussi di tipo 4. Determinare:

- a) La percentuale di overhead complessivo rispetto al carico totale a livello IP
- b) La percentuale di overhead complessivo rispetto al carico totale a livello IP considerando che un algoritmo di soppressione dei silenzi riduce mediamente del 25% il rate per i flussi di tipo 1 e del 50% il rate per i per i flussi di tipo 3 (senza che venga alterato l'intervallo di pacchettizzazione)

# Esercizio 4

## Budget ritardo

---

- Si supponga che due utenti (Alice e Bob) siano collegati alla rete Internet attraverso linee dedicate con le seguenti caratteristiche
  - Capacità in uplink della linea di Alice pari a 1200 kbit/s
  - Capacità in uplink della linea di Bob pari a 600 kbit/s
  - Ritardo di propagazione (monodirezionale) della sola linea di accesso pari a 3 ms, equivalente per entrambe le linee
- Si supponga inoltre che i due utenti abbiano stabilito una connessione VPN in grado di fornire una capacità di downlink complessiva pari a 6 Mbit/s ad Alice e 4 Mbit/s a Bob (a fronte di capacità di downlink di linea molto più elevate sia per Alice che per Bob). La connessione VPN introduce un ritardo aggiuntivo di 10 ms rispetto al ritardo di trasmissione dei pacchetti.
- Infine, entrambi gli utenti utilizzano un sistema VoIP avente le seguenti caratteristiche:
  - Codec G.711 (bitrate 64 kb/s)
  - Intervallo di pacchettizzazione pari a 20 ms
  - Ritardo di elaborazione dovuto alla codifica pari a 30 ms [...]

# Esercizio 4

## Budget ritardo

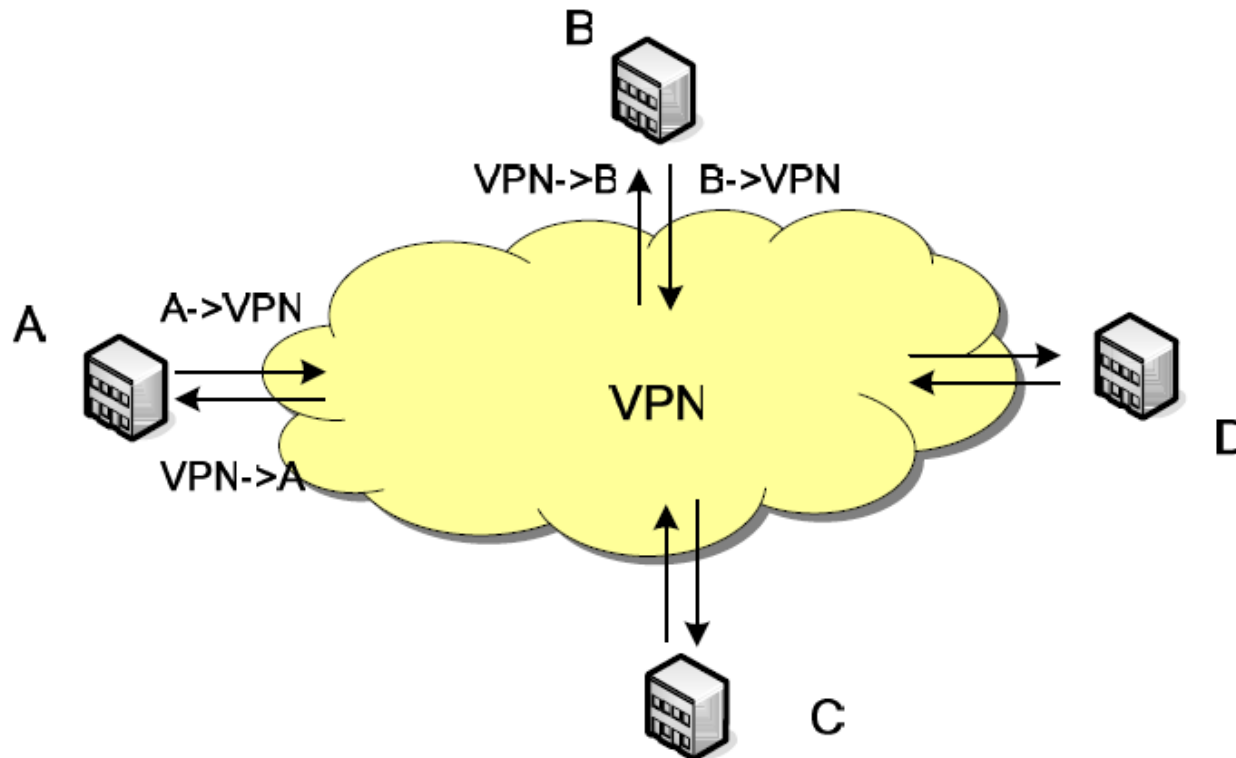
---

- [...] Supponendo di voler garantire che Bob percepisca un MOS  $> 4.2$ :
  - a) Si calcoli il massimo ritardo end-to-end accettabile
  - b) Si calcolino il ritmo trasmissivo e l'overhead della sorgente a livello di rete, nell'ipotesi di non utilizzare un algoritmo di soppressione dei silenzi
  - c) Si calcoli il massimo ritardo di playout
  - d) Assumendo di voler condividere la connessione VPN tra più utenti con le caratteristiche di Alice e Bob, si calcoli il numero massimo di flussi da utenti di tipo Alice a utenti di tipo Bob che possono essere instradati sul collegamento VPN
  - e) Come varia il numero massimo di flussi rispetto a quello calcolato nel punto d) se viene utilizzato un algoritmo di soppressione dei silenzi che riduce il rate medio del 40%?

# Esercizio 5

## Budget ritardo

- Si consideri un'azienda con diverse sedi collegate ad una rete VPN tramite linee di accesso ADSL come mostrato in figura. La rete dell'azienda utilizza il protocollo IP. [...]





# Esercizio 5

## Budget ritardo

---

- [...] Le capacità a livello IP dei collegamenti ADSL sono:
  - $C_{A \rightarrow VPN} = 300$  kbit/s
  - $C_{VPN \rightarrow A} = 1800$  kbit/s
  - $C_{B \rightarrow VPN} = 250$  kbit/s
  - $C_{VPN \rightarrow B} = 2000$  kbit/s
- La codifica utilizzata è G.729 (bitrate 8 kbit/s) con soppressione dei silenzi, che riduce il carico di pacchetti IP al 40% del valore originario. L'intervallo di pacchettizzazione vale  $T = 40$  ms.
- Gli header IP, UDP e RTP ammontano a 40 byte per ogni pacchetto.
- I codificatori e i decodificatori utilizzati introducono un ritardo di processing  $D_{proc}$  pari a 35 ms.
- La rete VPN di trasporto introduce un ritardo fisso pari a  $D_{fix-core} = 5$  ms e una variabilità massima del ritardo di 15 ms.
- Ogni rete locale introduce un ritardo fisso pari a  $D_{fix-LAN} = 4$  ms e una variabilità massima del ritardo pari a 10 ms. [...]

# Esercizio 5

## Budget ritardo

---

- [...] Si consideri il trasferimento dei flussi vocali da A a B. Si voglia ottenere un ritardo massimo percepito dagli utenti end-to-end  $D_{e2e}$  inferiore a 130 ms. Si trascurino i ritardi di propagazione.
  - a) Si valuti il ritardo  $D_T$  massimo accettabile per il trasferimento dei pacchetti
  - b) Si stimi la componente di ritardo fissa  $D_{fix-e2e}$  (escluso il buffer di playout), da estremo ad estremo
  - c) Qual è il valore massimo che si può assegnare al ritardo del buffer di playout rispettando il vincolo sul ritardo massimo percepito dagli utenti?

# Esercizio 6

## Dimensionamento

---

- Si consideri un sistema VoIP che utilizza la codifica G.711 (64 kbit/s) con intervallo di pacchettizzazione  $T$ .
  - a) Si esprima la capacità necessaria a livello IP per trasportare 50 flussi vocali in funzione dell'intervallo di pacchettizzazione
  - b) Si consideri di trasferire i flussi IP su un collegamento che utilizza a livello 2 il protocollo PPP, il cui header vale 7 byte. La capacità utile a livello 2 è di 150 Mbit/s. Quanti flussi possono essere trasportati se l'intervallo di pacchettizzazione vale rispettivamente 10 ms e 40 ms?
  - c) Si ripetano le stesse valutazioni del punto b) supponendo di avere a livello 2 un collegamento Fast Ethernet (capacità utile di 100 Mbit/s ed header/trailer complessivi di 26 byte)

# Esercizio 7

## Dimensionamento

---

- Si consideri un sistema VoIP che utilizza due codec (G.711 e GSM) per la codifica della voce
  - G.711: bitrate pari a 64 kbit/s e intervallo di pacchettizzazione pari a 10 ms
  - GSM: bitrate pari a 13 kbit/s e intervallo di pacchettizzazione pari a 20 ms

Il 30% dei flussi viene generato utilizzando la codifica G.711.

- a) Si calcoli l'overhead complessivo a livello IP rispetto al carico totale
- b) Si disegni il grafico dell'overhead in funzione della frazione di pacchetti generati dai flussi codificati con G.711