



# Voce su IP

## Il flusso vocale

**Fulvio Riso**

Politecnico di Torino

fulvio.riso[at]polito.it

<http://netgroup.polito.it/netlibrary/voip-intro/text.htm#9>

**Mario Baldi**

Politecnico di Torino








mario.baldi[at]polito.it

staff.polito.it/mario.baldi





# Nota di Copyright



**Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slide) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slide (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.**

**Le slide possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.**

**Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.**

**L'informazione contenuta in queste slide è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slide (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).**

**In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slide.**

**In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.**



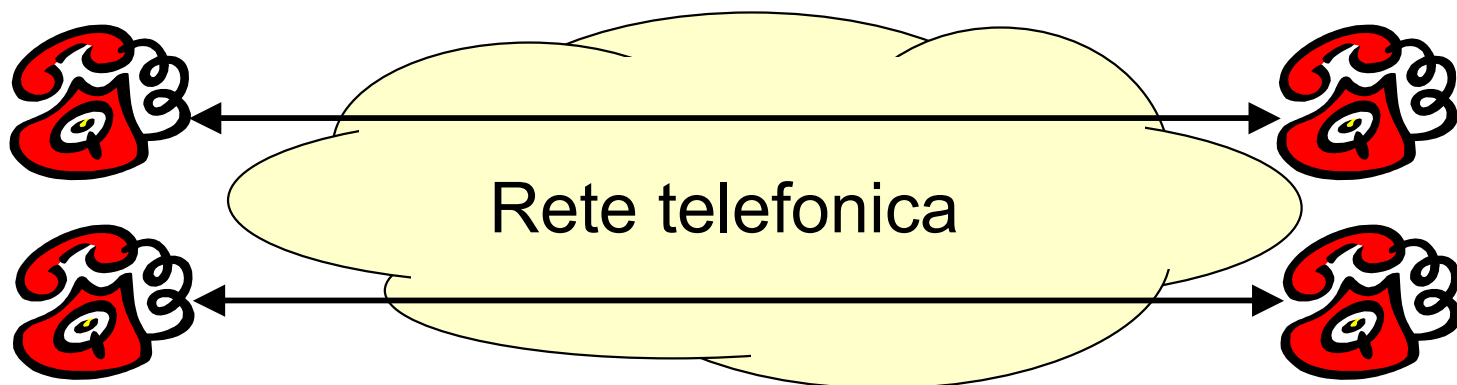
# Rete telefonica e commutazione di circuito

## ■ Allocatione statica del circuito

- 64Kbps full duplex

## ■ Caratteristiche

- No compressione
- No comunicazione ad alta qualità (es. stereo / codec migliori) se non a multipli di 64kbps
- No soppressione dei silenzi
- No moltiplicazione statistica (allocazione statica della banda)
- Procedura di segnalazione (call setup)





# Rete dati e commutazione di pacchetto

## ■ Risolve i problemi precedenti

- Migliore compressione
- Permette comunicazione ad alta qualità (es. stereo / codec migliori)
- Soppressione dei silenzi
- Multiplazione statistica (allocazione statica della banda)
- Procedura di segnalazione (call setup)

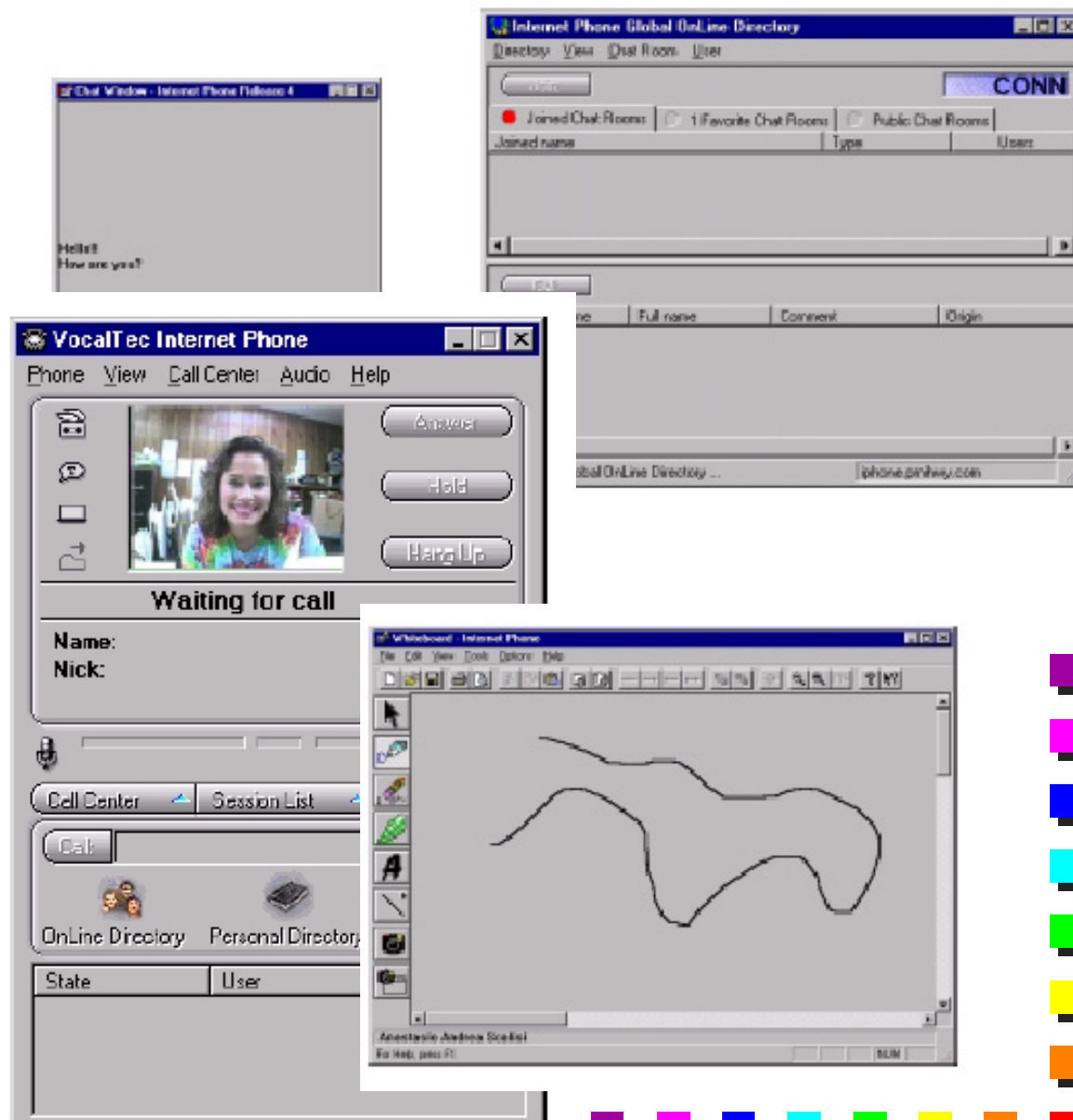
## ■ Introduce un nuovo problema

- Gestione della qualità della chiamata
  - Reti a pacchetto non sono ideate per la voce



# La visione “consumer” della VoIP

- Vocaltec Internet Phone, 1995
- Microsoft Netmeeting
- Vantaggi
  - Costi ridotti
  - Nuovi servizi (video, lavagna, condivisione del desktop)






# La visione “professionale” della VoIP

## ■ Problemi della visione “consumer”

- È necessario avere un PC
- Il PC deve essere acceso
- Permette solo comunicazioni PC-to-PC
- Non supporta comunicazioni con terminali mobili

## ■ Visione professionale

- VoIP è una tecnologia per il trasporto di voce su una rete IP
    - + Non richiede il cambio dei terminali al bordo della rete
    - + Richiede l’aggiornamento di pochi apparati, sotto il controllo del gestore telefonico
    - Non cambia il modo con cui l’utente finale percepisce il servizio
    - Non permette di fornire servizi innovativi (integrazione voce, video, dati)
- 





# Creazione di un flusso VoIP

- Campionamento
- Codifica
- Pacchettizzazione
- Accodamento
- Trasmissione
- Propagazione
- De-jitter
- Riordinamento
- Decodifica



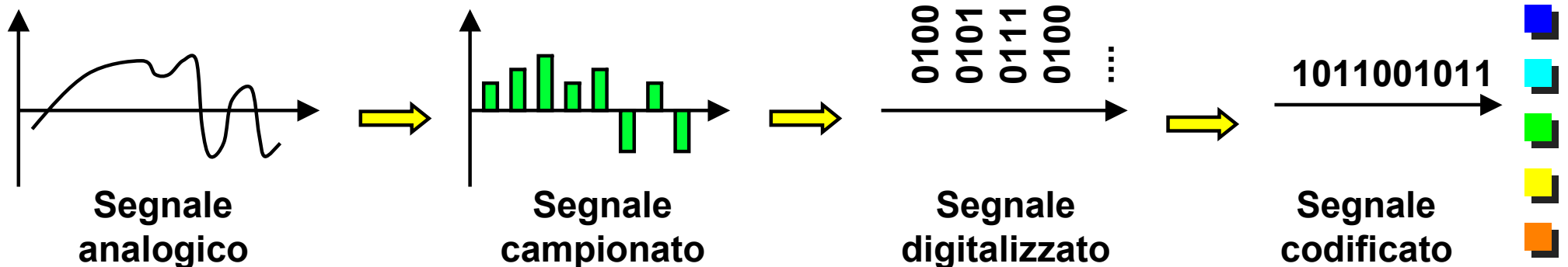
# Campionamento e codifica

## ■ Campionamento

- Digitalizzazione di una forma d'onda analogica
  - Sensibilità (bit)
  - Frequenza di campionamento (hertz)
  - Bit rate teorico

## ■ Codifica

- Elaborazione digitale dei dati campionati
  - Fattore di compressione
  - Bit rate effettivo
- Introduce ritardo (es. codifica per differenze)







# Possibili tecniche di codifica

## ■ Principali tecniche:

- Codifica per differenze
- Codifica pesata
- Codifica a perdita (problematico con modem)
- Soppressione dei silenzi
  - Spesso l'unica adottata sulle reti VoIP
  - Spesso il ricevitore inserisce rumore bianco per rendere la conversazione più naturale
  - Problematica: velocità a riconoscere che l'utente ha iniziato a parlare
    - Perdita dei primi frammenti di voce
- Le tecniche possono anche essere usate in combinazione

## ■ Basso bit rate non implica qualità inferiore

- Codec aggressivi possono però essere in difficoltà con sorgenti non previste (ad es. musica classica)
- 





# Problematiche legate alla codifica

## ■ Complessità

- Più la tecnica è efficace, più richiede potenza elaborativa
- Questa può essere inserita in due posizioni
  - Terminale (telefono): difficile aggiornarli tutti
  - Gateway: elevata potenza elaborativa (deve codificare molte telefonate contemporaneamente)

## ■ Ritardo, in particolare la codifica per differenze

- MPEG adotta codifiche differenziali sia rispetto alla trama precedente che rispetto a quella successiva






# Codec per operatori telefonici

## ■ Normalmente PCM64

- In generale non è noto se il segnale è di tipo vocale o no
- Richiede potenza elaborativa in ogni terminale

## ■ Si vanifica uno dei vantaggi promessi dalla VoIP, ossia, il miglioramento del bitrate

## ■ Scelta del codec

- Parametri classici: complessità di elaborazione, ritardo introdotto, banda richiesta e qualità del segnale prodotto
  - Parametri “logistici”
    - Necessità di aggiornamento dei terminali oppure potenza elaborativa richiesta nei gateway VoIP
  - Parametri commerciale
    - Garantire il servizio "dati" sulla rete telefonica
- 





# Codec per voce

## ■ Famiglia PCM

- Campioni standard, ogni 125 microsec
- G.711: 64 kbps

## ■ Famiglia ADPCM

- Codifica adattativa
- G.726: 16 – 24 – 32 kbps

## ■ Famiglia CELP

- Codifica per interpolazione
- G.728: 8 – 16 kbps
- G.729: 8 kbps
  - CS-ACELP, molto usato

## ■ Codec adattativi

- G.723: 5.3 – 6.4 kbps

## ■ Usati prevalentemente nella comunicazione PC-to-PC



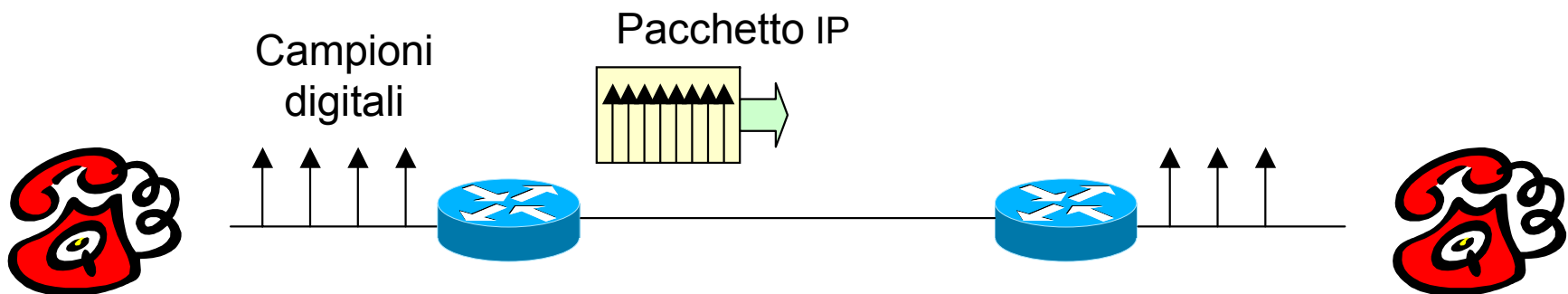
# Codec e cancellazione dell'eco

- Impercettibile se arriva in tempo ridotto
  - ~ 30 ms
- Rete VoIP
  - Ritardo anche di 200ms (round trip)
  - Necessario procedere alla cancellazione dell'eco
    - Aumento del carico di elaborazione



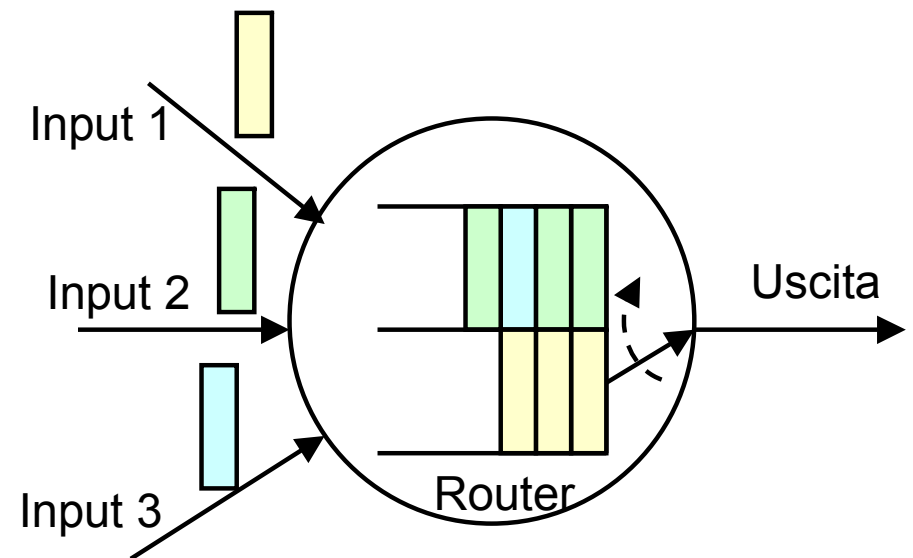
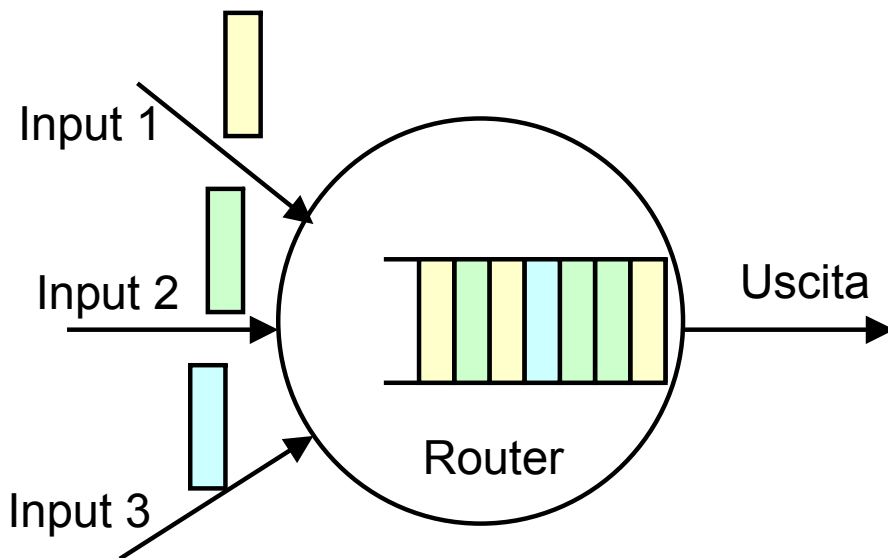
# Pacchettizzazione

- Prima operazione peculiare di una rete a pacchetto
- Caratteristiche:
  - Necessaria per abbassare l'overhead degli headers
    - 64kbps, imbustato in 1byte/pacchetto: 3.7Mbps!
  - Introduce molto ritardo
  - Trade off tra ritardo ed efficienza
    - Valori normalmente compresi tra 20 e 40 ms



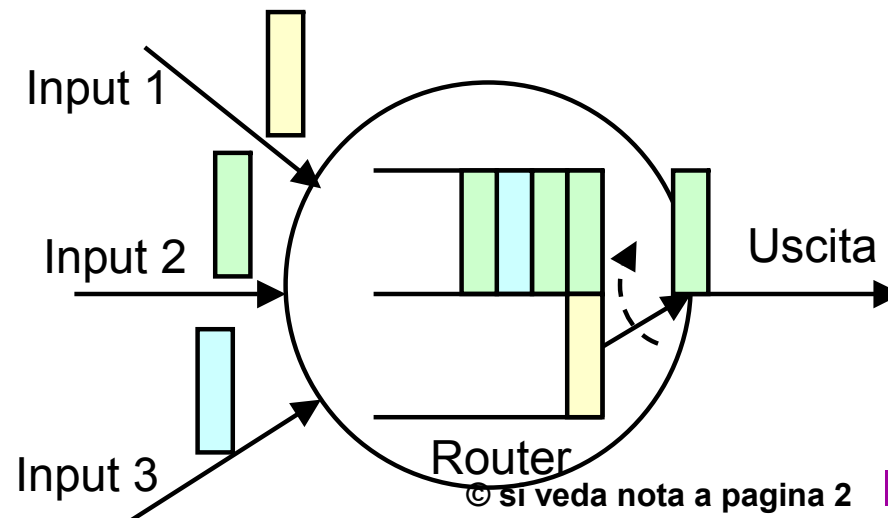
# Accodamento

- Problematico quando il traffico in ingresso supera la capacità del canale di uscita
  - Il nodo deve memorizzare il traffico in eccesso (buffering)
  - Aumento del ritardo
- Possibile soluzione: accodamento a priorità

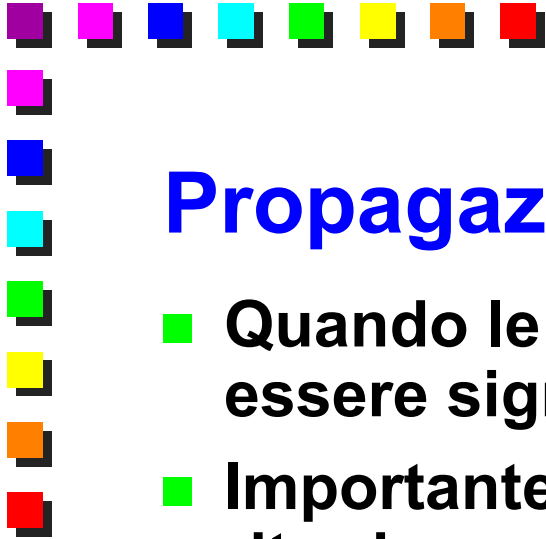


# Trasmissione

- Un pacchetto ha dimensioni finite
  - Necessario aspettare la fine della trasmissione del pacchetto precedente prima di poter trasmetterne un secondo
- Tempo di trasmissione di un pacchetto nel caso di priority queuing
  - Si suppone non ci siano altri pacchetti ad alta priorità in coda
  - Tempo di trasmissione del pacchetto in esame più quello del pacchetto attualmente in trasmissione







# Propagazione

- Quando le chiamate sono a lunga distanza può essere significativo
- Importante minimizzare gli altri componenti del ritardo



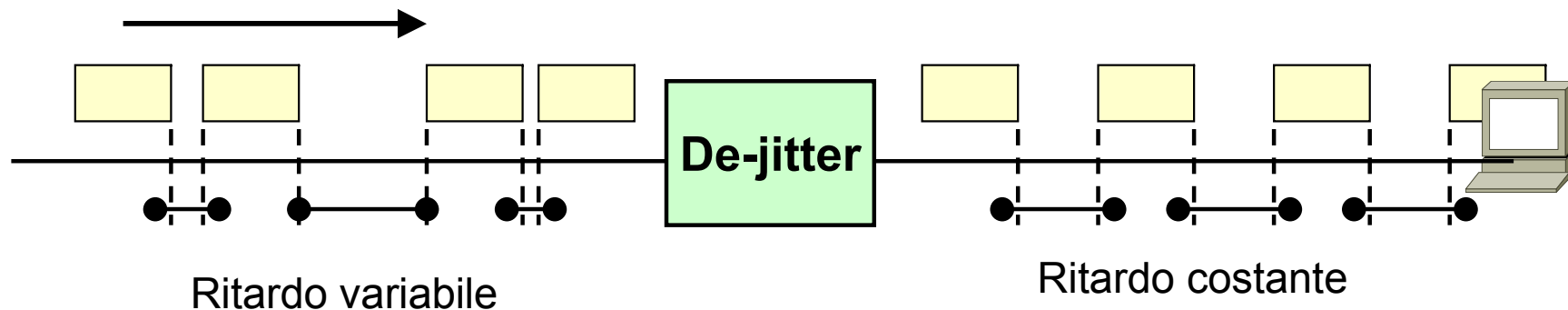
# De-jitter

## ■ Problema

- La rete inserisce ritardi variabili da pacchetto a pacchetto
- I campioni vocali nei pacchetti devono essere riprodotti con lo stesso ritmo con cui sono stati generati

## ■ Soluzione

- Blocco de-jitter
- Polmone (buffer) che estrae i dati ad un ritmo costante
- Dimensionamento: massimo jitter introdotto dalla rete, oppure massimo ritardo ammesso nel blocco
  - I pacchetti che arrivano tardi sono considerati persi




# Riordinamento dei pacchetti

- La rete può consegnare pacchetti fuori ordine
- Soluzione
  - La stessa del de-jitter
  - Solitamente i due fenomeni vengono trattati nello stesso momento dallo stesso blocco





# Decodifica

- **Speculare rispetto a codifica e campionamento**
  - **Ricostruzione dei pacchetti mancanti:**
    - Tecniche predittive
    - Inserimento di silenzio
    - Ripetizione dei campioni contenuti nell'ultimo pacchetto
    - Un insieme delle precedenti tecniche
  - **Normalmente meno onerosa rispetto alla codifica**
    - Il processo di decodifica è predeterminato
    - La codifica può richiedere la scelta del miglior algoritmo, in tempo reale, per ottenere i risultati migliori
    - Stesse caratteristiche di ritardo del codificatore
- 



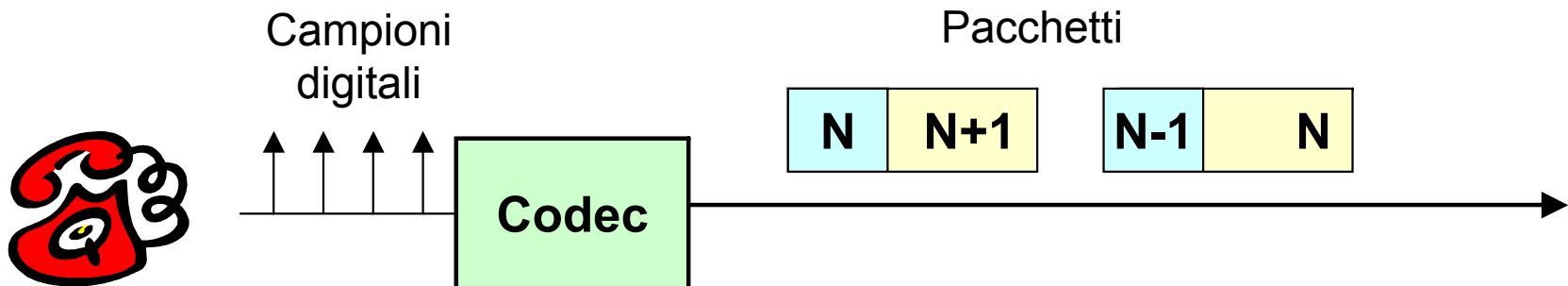
# Tecniche di correzione dell'errore

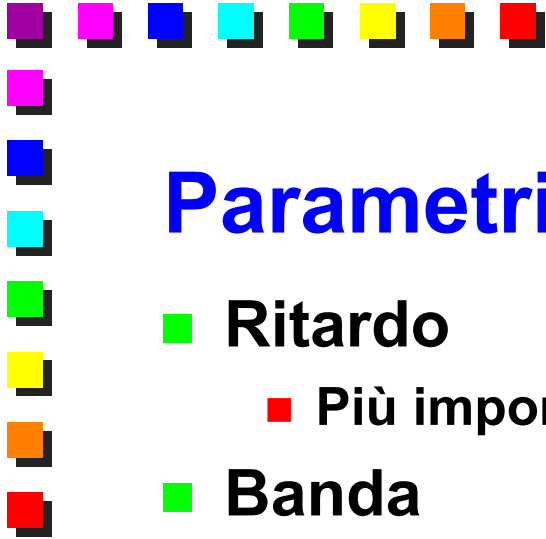
## ■ Basate sul concetto della ridondanza

- L'informazione relativa al campione N viene messa
  - Nel pacchetto corrente ad alto bit rate
  - Nel pacchetto seguente a basso bit rate
- Codifiche gerarchiche

## ■ Poco utilizzate in pratica

- Si preferisce sfruttare la capacità di recupero dell'orecchio umano





# Parametri di una sessione vocale

- Ritardo
  - Più importante in assoluto
- Banda
- Perdite





# Ritardo

- Parametro fondamentale per una corretta interazione
- Ritardo end-to-end (soglie definite da ITU)
  - 0 – 150 ms: accettabile
  - 150 – 400 ms: solo per collegamenti intercontinentali
  - > 400 ms: non accettabile
    - Il *talking overlap* diventa troppo fastidioso
- Ritardo effettivo: round trip delay

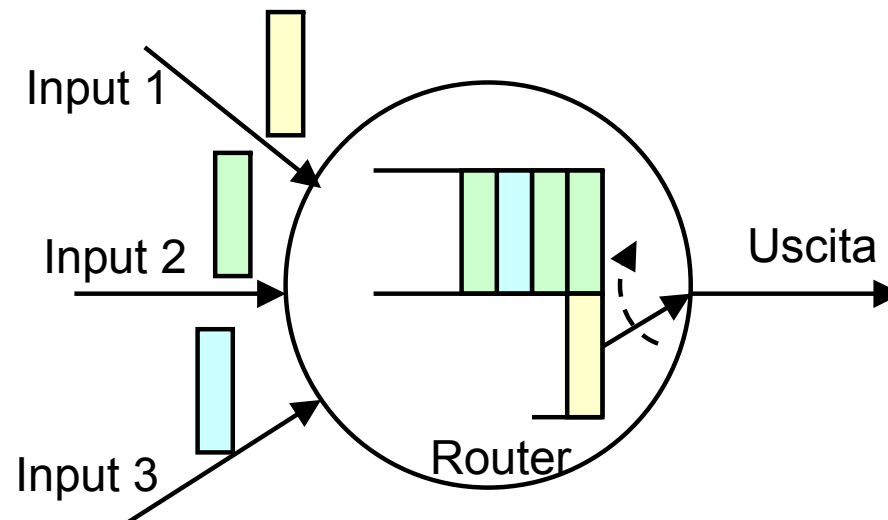


# Banda

## ■ Traffico vocale: anelastico

- Il flusso dei pacchetti non può essere ritardato neppure per brevi periodi
- E' inutile implementare meccanismi di bufferizzazione all'interno della rete
  - Nel caso di meccanismi a priority queuing, le code per i pacchetti vocali possono essere molto corte

## ■ Traffico dati: elastico







# Perdite

- **Massima percentuale tollerata: 5%**
  - L'orecchio umano è in grado di tollerare senza problemi un certo numero di pacchetti mancanti
- **Qualità della comunicazione**
  - Il round-trip delay riveste un'importanza maggiore rispetto all'integrità della comunicazione
  - I blocchi di riordinamento e de-jitter vengono solitamente configurati con budget di ritardo molto ridotti





# **Il trasporto della voce**

## **RTP (Real-time Protocol), RFC 1889**

- **Gestione multicast nativo**
- **Non richiede un tipo di rete specifico (anche se attualmente usato solo su IP/IPv6)**
- **Non gestisce frammentazione / riassettaggio di pacchetti**
  - Deve essere gestito dalla rete sottostante
- **Non gestisce errori di trasmissione (checksum)**
  - S necessari, devono essere forniti dalla rete sottostante
- **RTP Mixer**
  - **Presenza di client unicast / multicast nella stessa sessione**
    - Viene utilizzato il campo CSRC
  - **Elaborazione del segnale (ad esempio soppressione dei canali audio dei soggetti attualmente non attivi)**
- **Non specifica il formato dei dati real-time**
  - Specificati in documenti appositi (Audio Video Profiles)
  - Non è legato in alcun modo a codec
  - Gestisce il tipo con il “Payload Type”



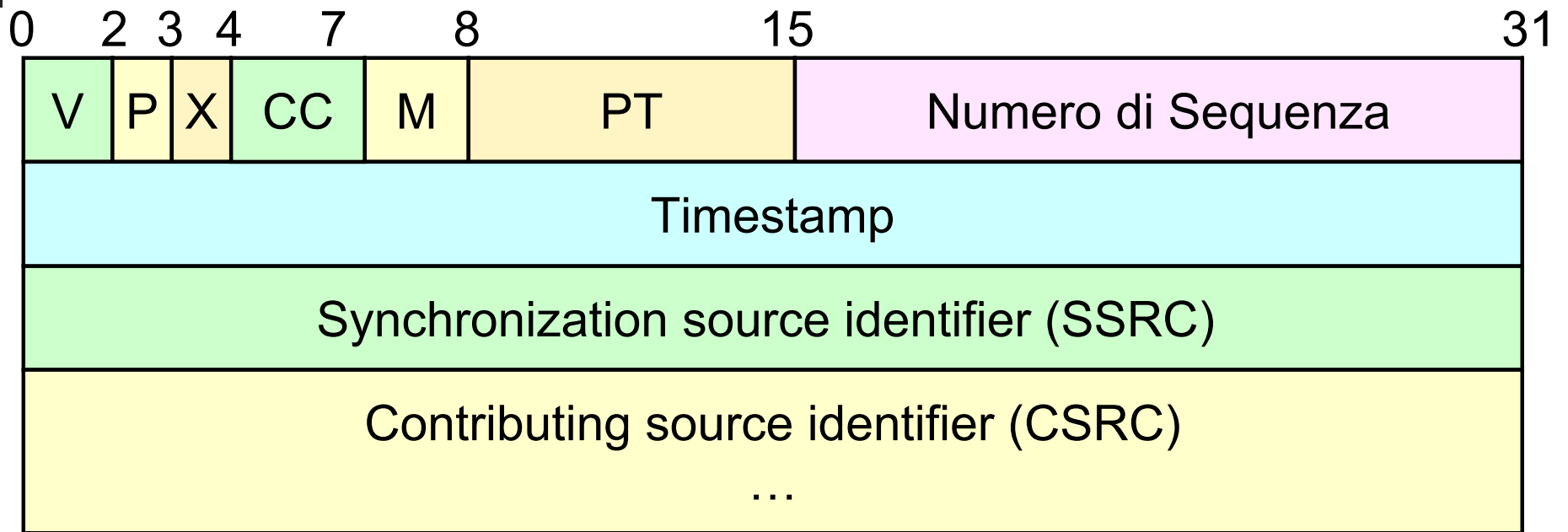


# RTP

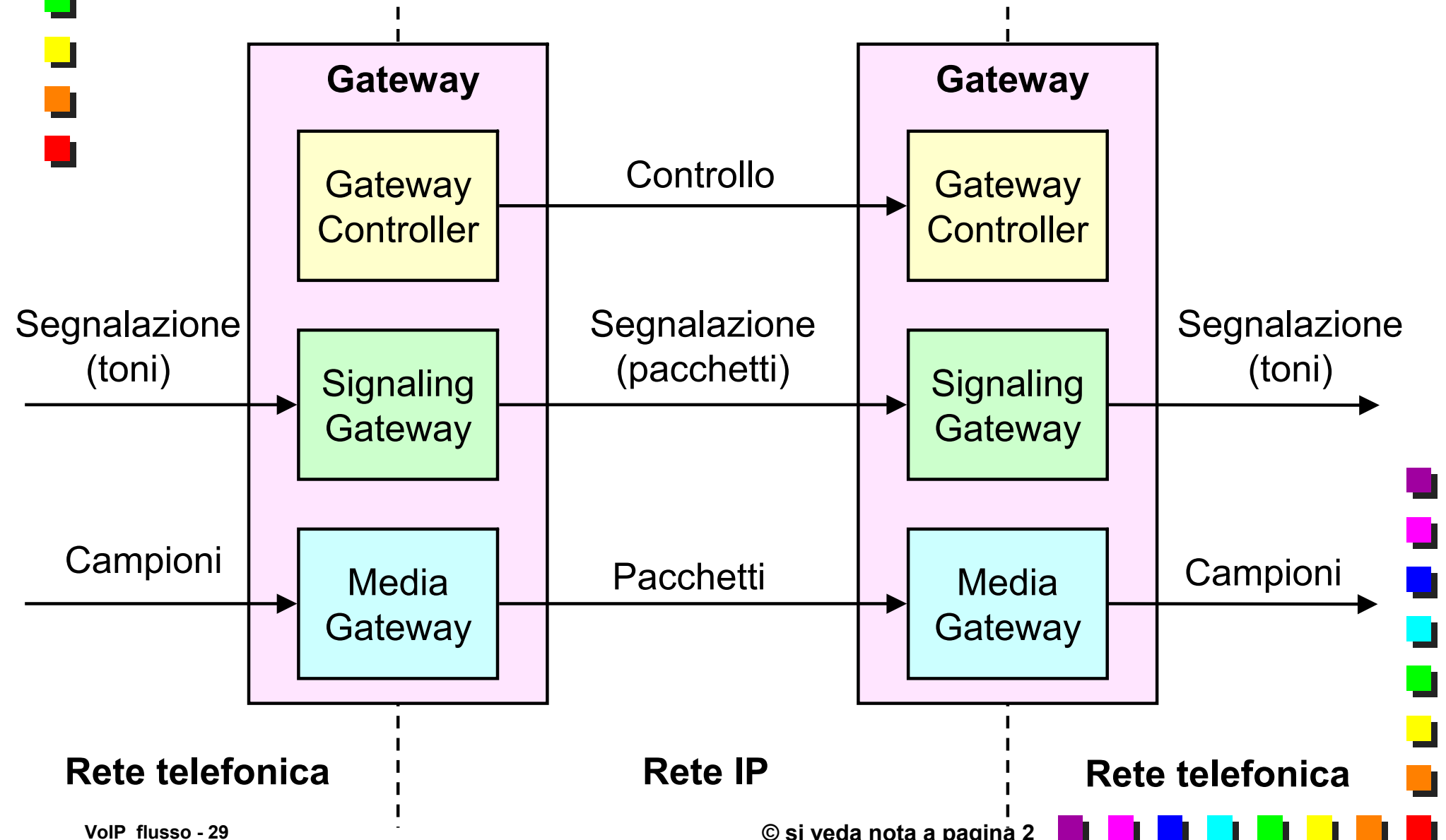
- **Trasporto dati real time**
    - Gestione della sequenza dei pacchetti
    - Gestione temporale (timestamp)
    - Gestisce un solo flusso per sessione
    - No gestione sincronismo
      - Possibile attraverso un'entità esterna, mediante il timestamp
      - Non è possibile collegare un flusso video ad un cambio di schermata nel flusso dati
  - **RTCP (Real Time Control Protocol)**
    - Monitoraggio e controllo della connessione
    - Porta UDP disparti successiva a quella di RTP
  - **Difficile da individuare (firewall, QoS)**
    - Non usa porte standard
    - Molte implementazione richiedono l'utilizzo (statico) di certi range di porte
- 



# Formato pacchetto RTP



# Gateway tra le reti telefonica e IP





# Media Gateway

- **Traduzione della codifica audio**
  - Es. tra PCM a 64kbps, propria della rete telefonica, a G.723 a 5.3kbps (e viceversa)
- **Nel caso di terminale intelligente è incluso direttamente nel terminale**





# Signaling Gateway

- **Interfacciamento dal punto di vista della segnalazione**
  - **Composizione del numero telefonico**
  - **Tono di libero / occupato**
  - **Gancio / aggancio della cornetta**
  - **Segnalazione interna alla rete**
    - **Per l'instaurazione della chiamata al giusto end-point**
  - **Segnalazione di rete intelligente**
    - **Richiamata su occupato, identificativo chiamante, conversazione a tre, ...**
- **Spesso non chiara separazione tra Media e Signaling Gateway**
  - **Generazione di tono di libero/occupato: sono normali pacchetti audio inviati al telefono**





# Gateway Controller

- **Supervisione e monitoraggio dell'intero gateway**
  - **Controllo della quantità di traffico**
    - Spesso, una rete dati ammette una massima percentuale di traffico telefonico, pena il degradamento delle chiamate)
  - **Controllare le autorizzazioni**
    - Utente autorizzato a fare / ricevere chiamate
  - **Autenticazione**
    - Ad esempio, per billing

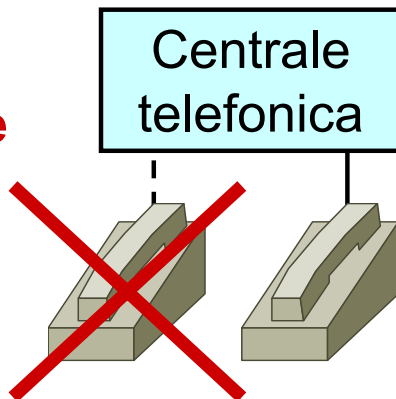




# Gateway in reti omogenee

- Alcune funzioni non possono essere inglobate nel terminale utente
  - Funzioni complicate
    - Ad esempio il routing della chiamata telefonica, la preparazione del percorso, etc
  - Funzioni riservate
    - Autenticazione del chiamante
- Gateway: ancora presente sulle reti omogenee
  - Funzionalità ridotte: es. media gateway normalmente integrato nel terminale utente

Impossibile



VoIP\_flusso - 33



Possibile





# Tipologie di Gateway

## ■ Trunking Gateway

- Tra una rete VoIP e il backbone di un operatore telefonico

## ■ Residential Gateway

- Tra un singolo telefono analogico e una rete VoIP

## ■ ATM Gateway

- Tra una rete ATM e una rete VoIP

## ■ Access Gateway

- Tra una rete gestita da un BPX e una rete VoIP



# Esempio di impiego

