



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.



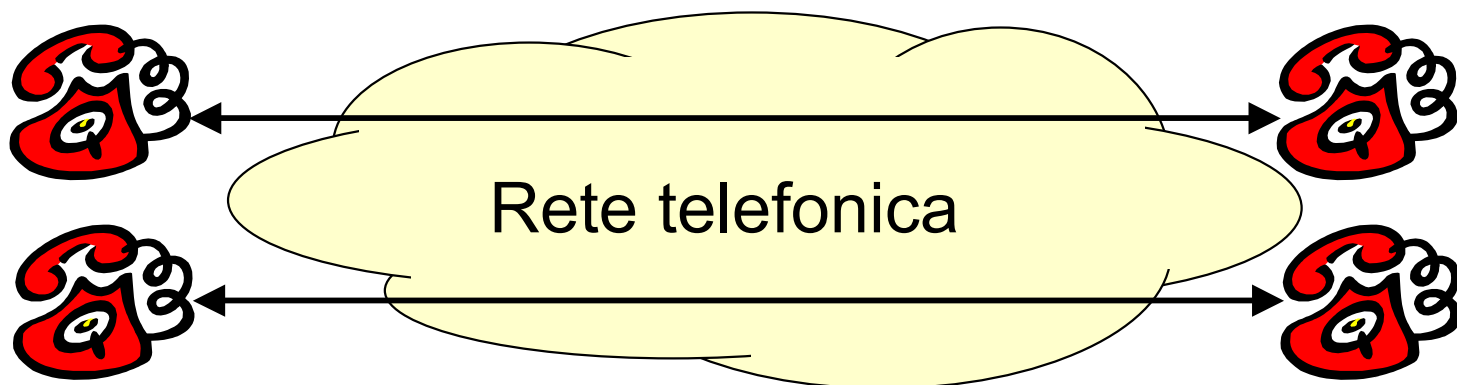
Rete telefonica e commutazione di circuito

■ 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)

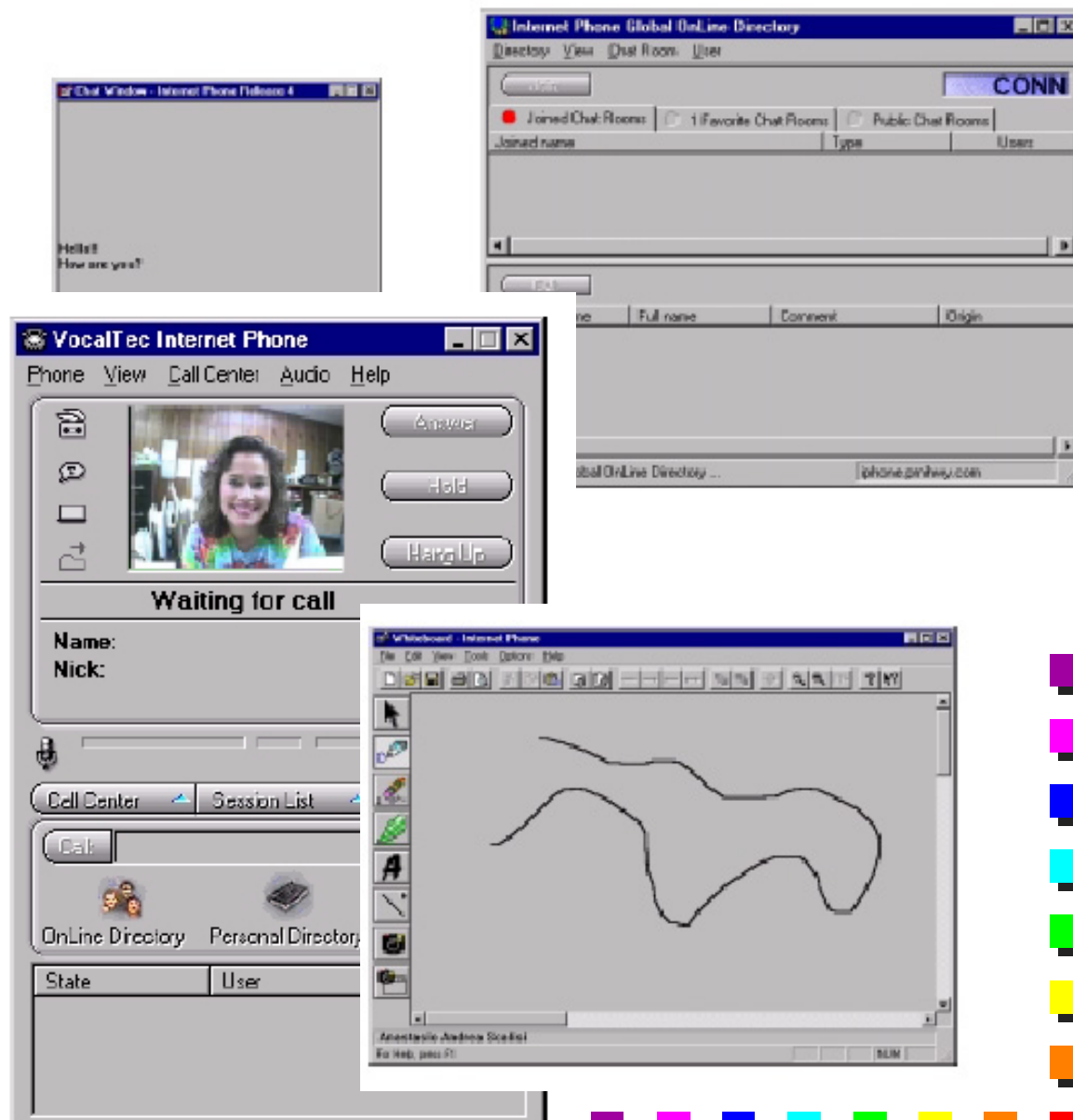
■ Introduce un nuovo problema

- 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



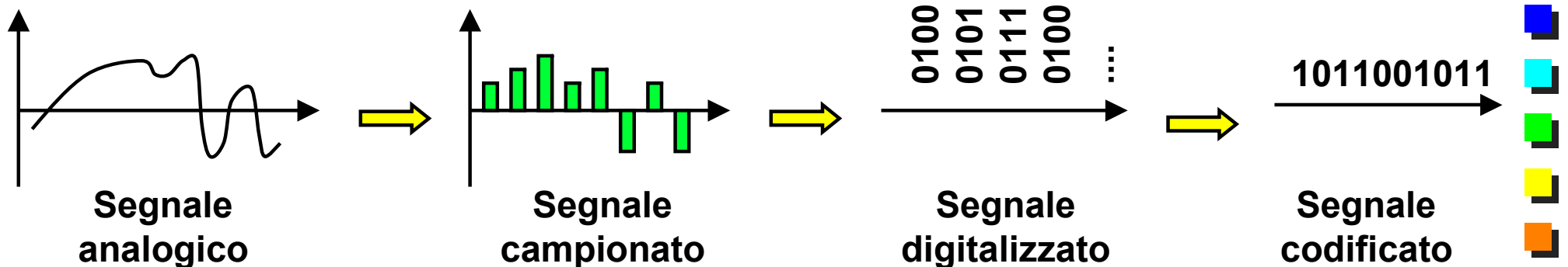
Campionamento e codifica

■ 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



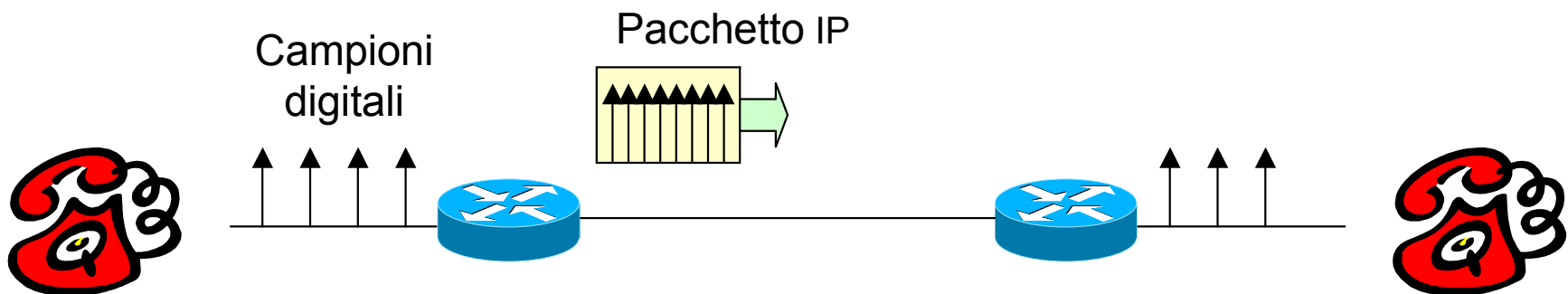
Codec e cancellazione dell'eco

- 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



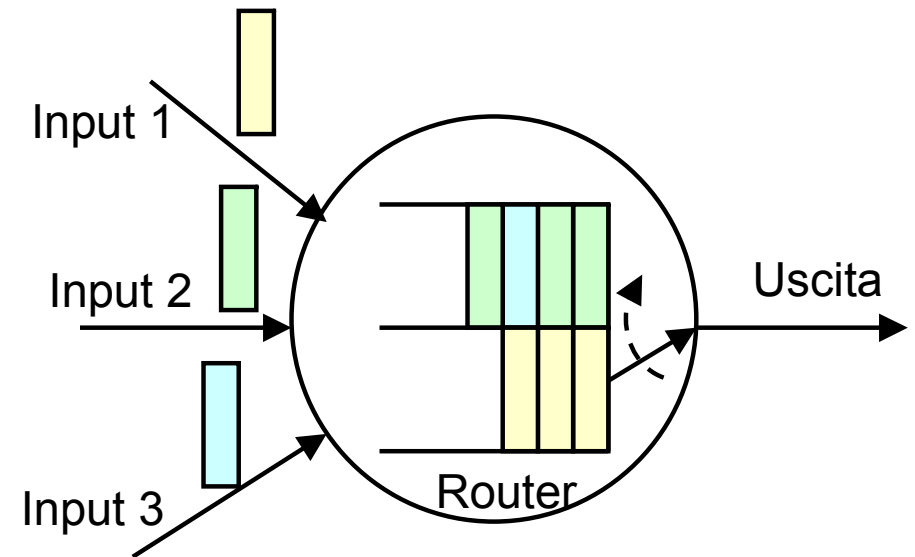
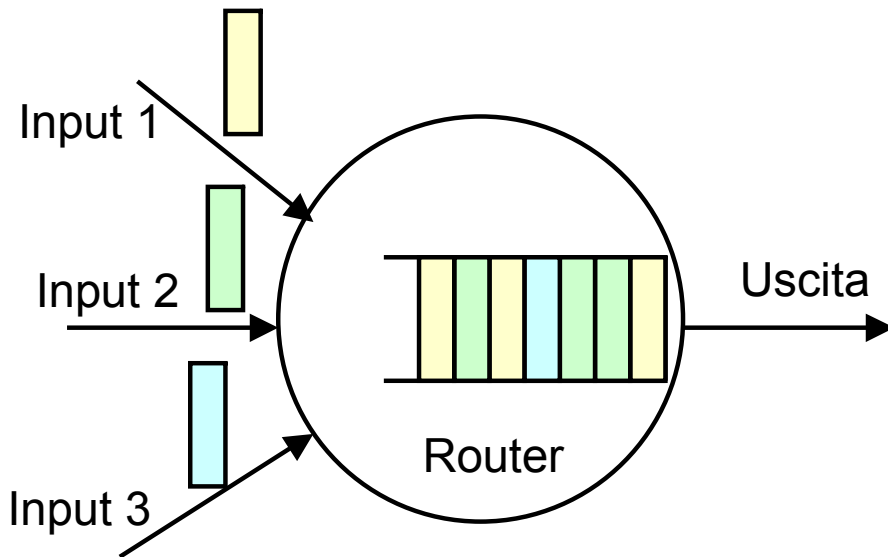
Pacchettizzazione

- 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



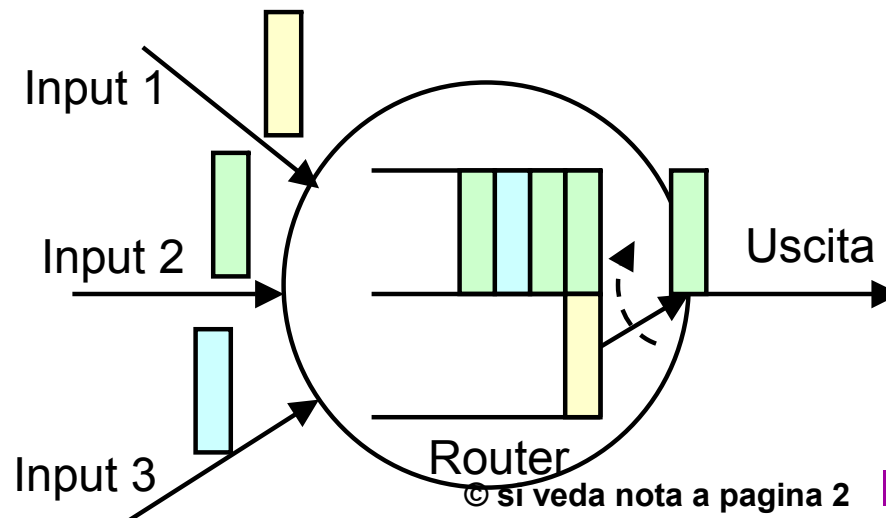
Accodamento

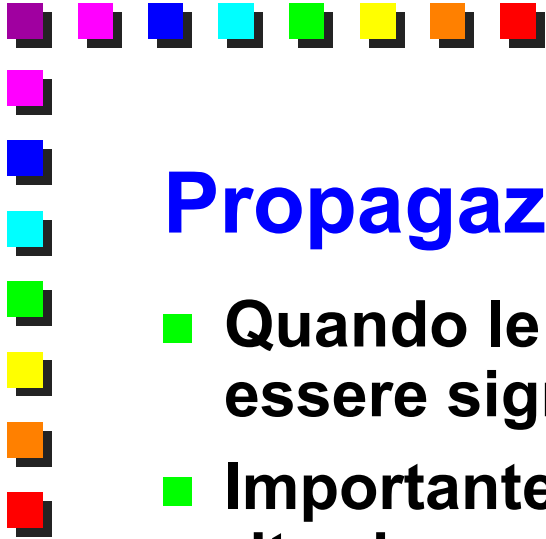
- Problematico quando il traffico in ingresso supera la capacità del canale di uscita
 - Il nodo deve memorizzare il traffico in eccesso (buffering)
 - Aumento del ritardo
- Possibile soluzione: accodamento a priorità



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



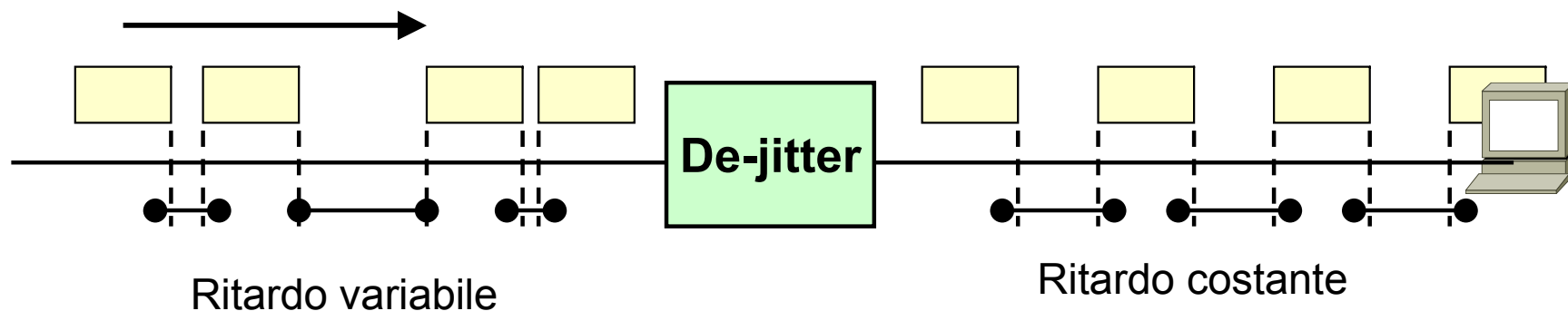
De-jitter

■ 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
- 



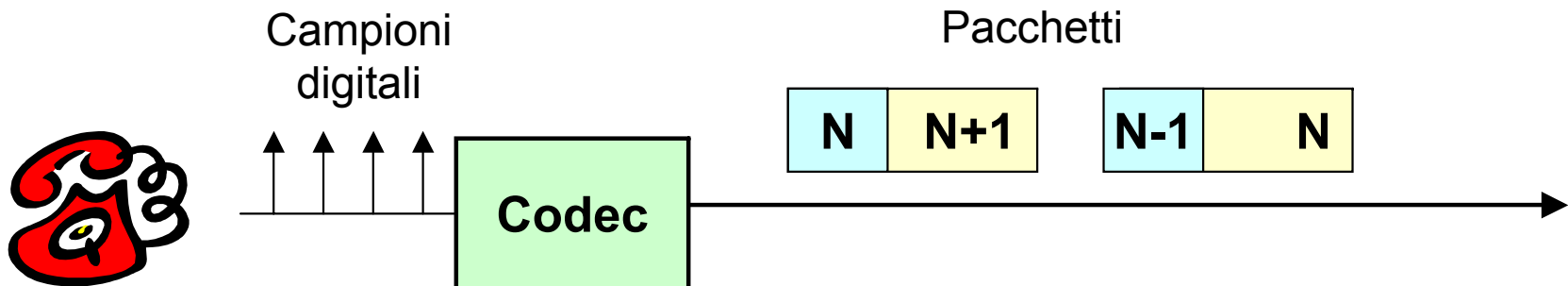
Tecniche di correzione dell'errore

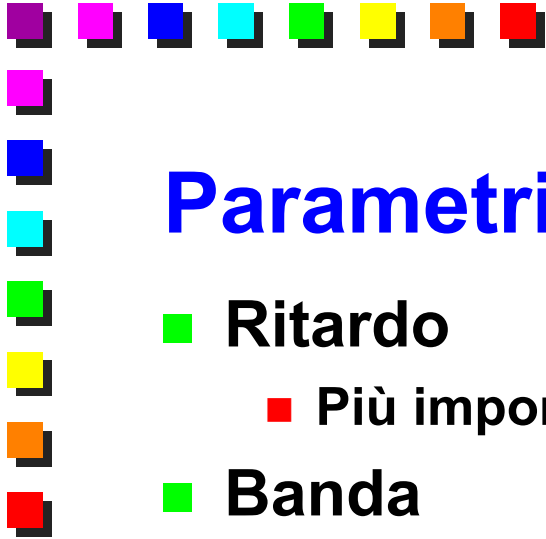
■ Basate sul concetto della ridondanza

- 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

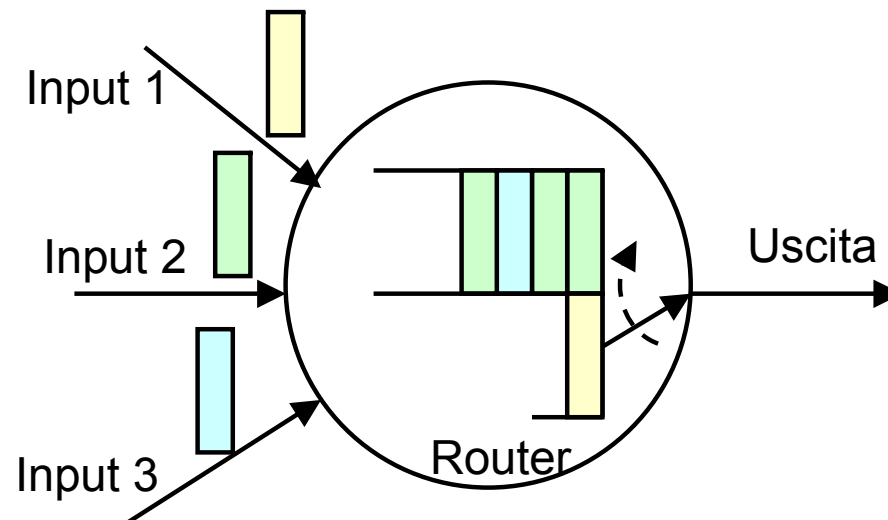


Banda

■ 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)

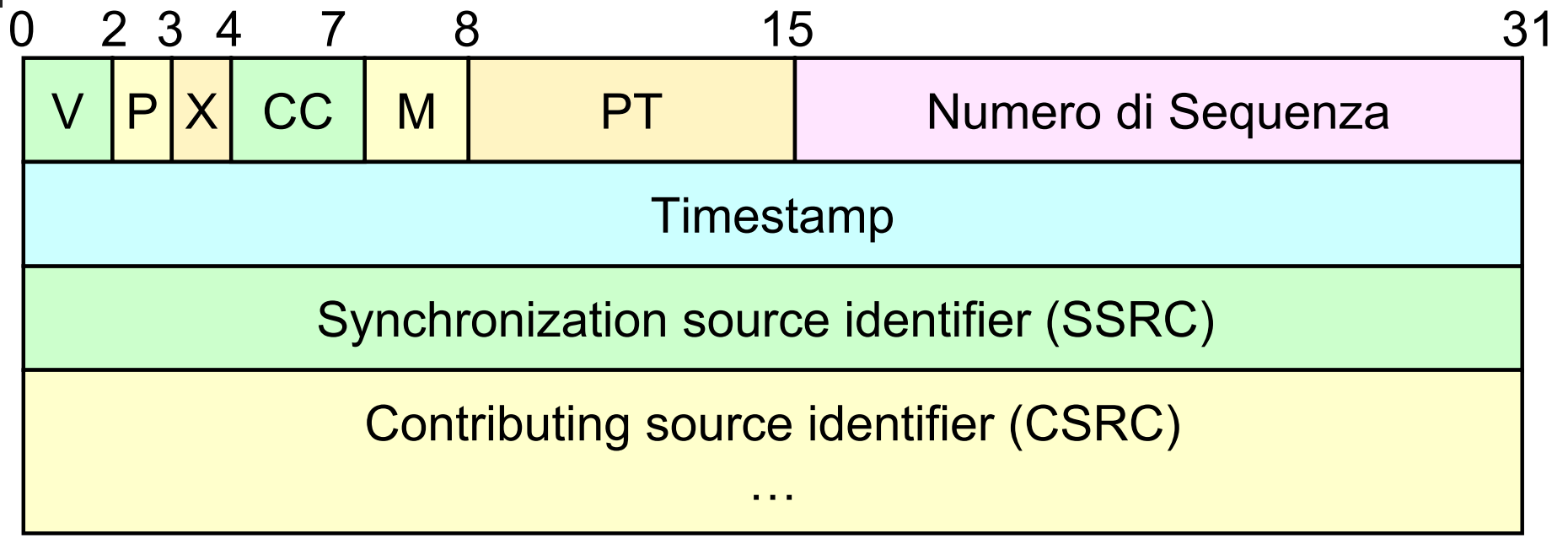
- Monitoraggio e controllo della connessione
- Porta UDP disparti successiva a quella di RTP

■ Difficile da individuare (firewall, QoS)

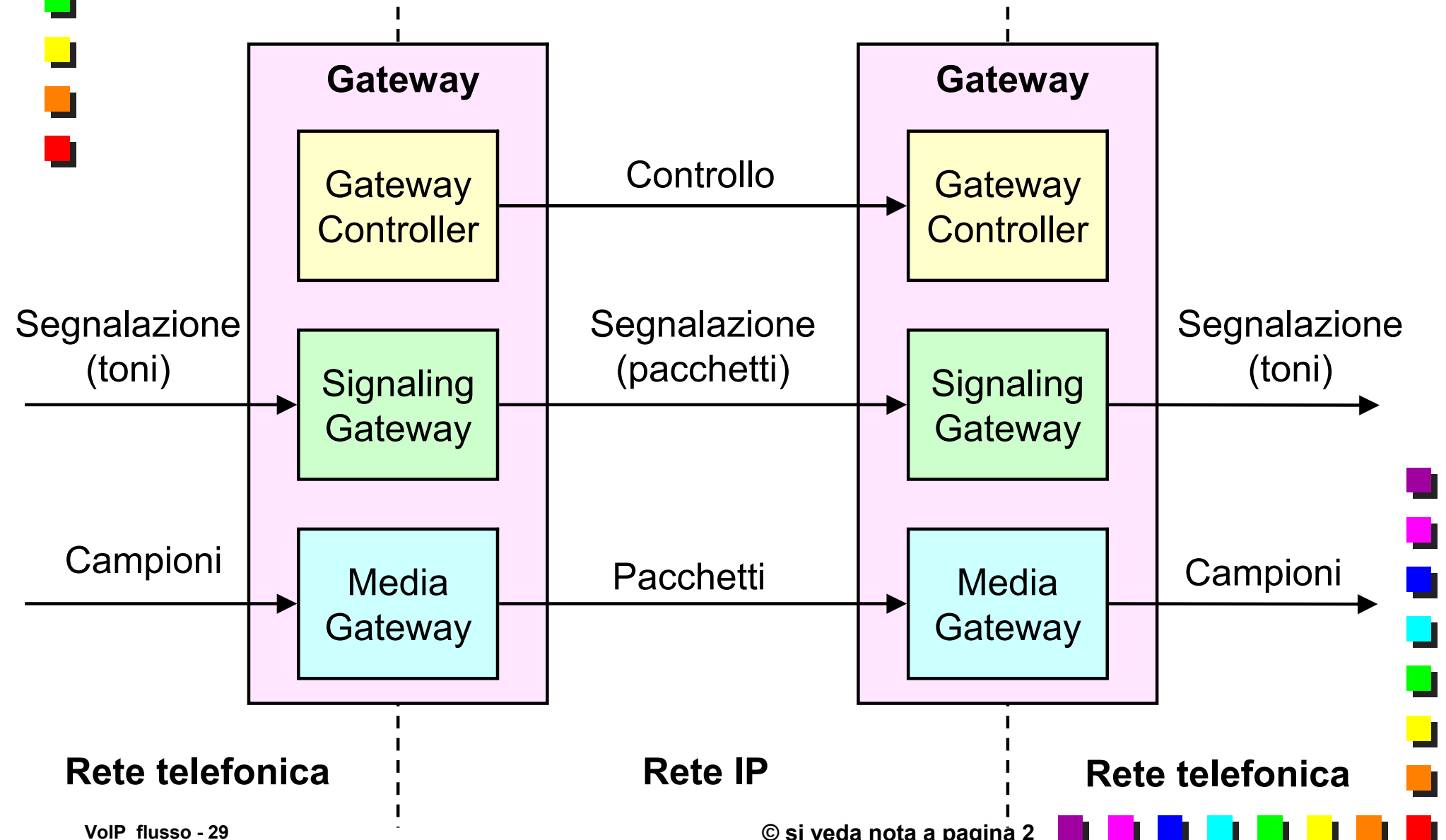
- Non usa porte standard
 - Molte implementazione richiedono l'utilizzo (statico) di certi range di porte
- 



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

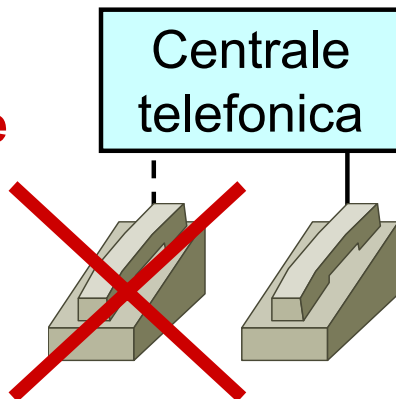
- **Supervisione e monitoraggio dell'intero gateway**
 - **Controllo della quantità di traffico**
 - Spesso, una rete dati ammette una massima percentuale di traffico telefonico, pena il degradamento delle chiamate)
 - **Controllare le autorizzazioni**
 - Utente autorizzato a fare / ricevere chiamate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



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

