

Università di Genova Telematica 2
 Facoltà di Ingegneria

**1. Servizi Multimediali e
 Qualità del Servizio (QoS) su IP
 1.5 Voce e Video su IP**

Prof. Raffaele Bolla



R. Bolla Telematica 2, n. o.

Servizi multimediali e VoIP

- I servizi multimediali realizzabili tramite tecnologia IP sono in qualche modo classificabili nell'ambito di due nomenclature usate oggi in modo piuttosto diffuso, che sono
 - **VoIP (Voice over IP),**
 - **Videoconferenza.**

Lezione 1.5, v. 1.0

6.2

R. Bolla Telematica 2, n. o.

VoIP (Voce over IP)

- In senso generale col nome di VoIP si identificano tutti i servizi di comunicazione su IP che coinvolgono lo scambio interattivo di segnali audio ed eventualmente video e dati fra due interlocutori (*unicast*).
- L'acronimo descrive e richiama il servizio più semplice fra quelli compresi in questa categoria, ossia una comunicazione telefonica corrispondente a quella realizzabile tramite la rete PSTN.
- Altre tipologie di servizi più avanzati possono essere ad esempio la video-telefonata, l'interazione con call-center con supporti video e dati.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.3

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Video-conferenza

- In questo contesto (TCP-IP), sotto il nome di video-conferenza vengono raccolti in genere i servizi che prevedono l'interazione in tempo reale audio, video e dati di tre o più utenti, si tratta in pratica della "versione" multicast del VoIP.
- Anche in questo caso si parte da servizi monomedia (solo voce) per arrivare alla versione più sofisticata che coinvolge scambi voce-video-dati.
- Due esempi sono la vera e propria video-conferenza, i servizi di didattica a distanza in tempo reale.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.4

R. Bolla Telematica 2, n. o.

VoIP – Tipologie di protocolli

- Per realizzare applicazioni di VoIP sono necessari tre tipologie di protocolli:
 - **trasporto dei media:** servono per trasportare i veri e propri flussi multimediali (audio, video, immagini e dati) all'interno della rete;
 - **segnalazione:** necessari per stabilire la presenza degli utenti, localizzarli e instaurare, modificare e terminare le sessioni;
 - **supporto:** forniscono una serie di funzionalità "accessorie" quali traduzione degli alias in indirizzi IP, localizzazione dei gateway, QoS, AAA interdominio ...

Lezione 1.5, v. 1.0

6.5

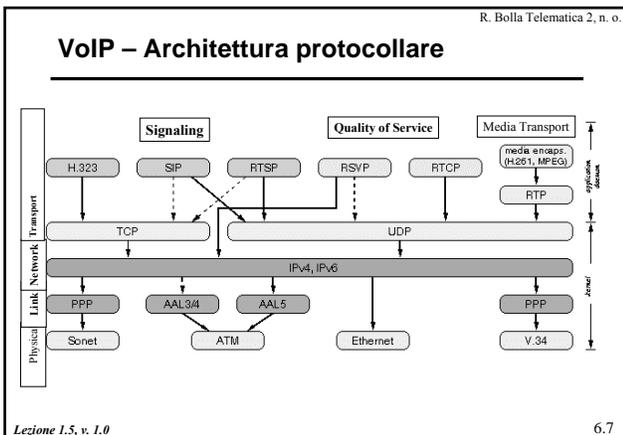
R. Bolla Telematica 2, n. o.

VoIP – Protocolli utilizzati

- Trasporto:
 - RTP (*Realtime Transport Protocol*) per i media (definito da IETF e adottato anche dall'ITU);
 - TCP/UDP per il trasporto all'interno della rete.
- Segnalazione:
 - SDP (*Session Description Protocol*) - IETF
 - SIP (*Session Initiation Protocol*) - IETF
 - H.323 - ITU-T
- Supporto:
 - DNS (*Domain Name System*);
 - RSVP (*Resource Reservation Setup Protocol*);
 - COPS (*Common Open Policy Service*), definisce politiche di controllo per QoS;

Lezione 1.5, v. 1.0

6.6



R. Bolla Telematica 2, n. o.

Trasporto di flussi multimediali su IP

- La trasmissione dei diversi media richiede una serie di operazioni fondamentali
 - acquisizione dei segnali (microfoni, telecamere, tastiere);
 - **codifica dei segnali**
 - » conversione analogico/digitale,
 - » rappresentazione in una codifica binaria;
 - » compressione.
 - trasmissione dell'informazione
 - decodifica dei segnali
 - » conversione digitale/analogica;
 - riproduzione del media (altoparlanti, monitor, stampanti, ...).

Lezione 1.5, v. 1.0 6.8

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media - Voce

- Rappresenta il media fondamentale per le applicazioni di telefonia su IP.

The diagram shows an analog voice signal being converted to digital samples (Campioni numerici) by an A/D converter, transmitted through a digital network (Rete numerica), and then converted back to an analog signal by a D/A converter.

- Lo spettro del segnale vocale è di circa 4 KHz
 - in base del teorema di Nyquist è necessario campionare il segnale analogico ad almeno 8 kHz;
 - il risultato sono 8000 campioni/s.
- Il segnale analogico viene codificato tramite PCM a 16 bit
 - usare 16 bit a campione rende l'errore di quantizzazione sicuramente impercettibile all'orecchio umano.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.9

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media - Voce Codec

- Un'applicazione di questo tipo genera un flusso dati a 128 kbps (8000 camp/s × 16 bit/camp).
- L'utilizzo di un codec permette di ridurre il tasso trasmissivo mantenendo un livello adeguato di qualità del segnale
 - è composto da un codificatore (E) e un decodificatore (D)
 - » il codificatore comprime i campioni numerici rimuovendo l'informazione ridondante (vedi teoria dell'informazione);
 - » il decodificatore ricostruisce il segnale originale a partire da quello compresso.

The diagram shows an analog voice signal being converted to digital samples (Campioni numerici) by an A/D converter, then compressed by an encoder (E) into a compressed signal (Segnale compresso) transmitted through a digital network (Rete numerica), and finally decompressed by a decoder (D) and converted back to an analog signal by a D/A converter.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.10

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media - Voce Codec

- Esistono due tipologie di codificatori:
 - **voce**
 - » sfruttano le caratteristiche della voce umana permettendo di raggiungere elevati fattori di compressione.
 - **audio**
 - » coprono una ampia gamma dello spettro e di tipologie di suoni ma raggiungono fattori di compressione minori del caso precedente;

Lezione 1.5, v. 1.0 6.11

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media - Voce Codec

- Sono varie le caratteristiche della voce che contribuiscono a rendere efficiente (e quindi vantaggiosa) l'operazione di compressione.
- Una di esse è data dal fatto che una sorgente vocale alterna fasi di attività (parlato) a fasi di inattività (silenzio) in cui è inutile trasmettere. Pertanto si può prevedere
 - In trasmissione l'utilizzo di **Voice Activity Detector (VAD)** permette di riconoscere i momenti di silenzio e annullare la trasmissione durante il loro svolgersi;
 - in ricezione, dato che la completa assenza di segnale appare innaturale, l'uso di generatori di rumore **CNG (Confort Noise Generator)**.

The diagram shows an analog voice signal being converted to digital samples (Campioni numerici) by an A/D converter, then processed by a Voice Activity Detector (VAD). The signal then passes through a Comfort Noise Generator (CNG) before being converted back to an analog signal by a D/A converter.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.12

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Codec

```

graph LR
    S((S)) -- "1-α" --> S
    S -- "α" --> P((P))
    P -- "1-β" --> P
    P -- "β" --> S
  
```

- Durata media del periodo attività (*talkspurt*) = 1.00 s
- Durata media del periodo di silenzio (*gap*) = 1.35 s
- Percentuale di attività ≈ 42 %
- Questo modello in pratica riconosce solo le pause fra frasi o al massimo parole. Modelli (e SAD) più complessi sono in grado di riconoscere e sfruttare anche le micro-pause fra parole e fra sillabe ed ottenere livelli di efficienza ancora superiori

Lezione 1.5, v. 1.0 6.13

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Codec

- Per permettere lo svolgimento di comunicazioni vocali efficaci è ovviamente necessario che le tecniche di compressione vengano inquadrate in uno standard riconosciuto.
- L'ente che ha fatto questo nel campo della voce è principalmente ITU-T, con gli standard
 - G.711
 - G.723.1
 - G.726
 - G.728
 - G.729
 - G.729A

Lezione 1.5, v. 1.0 6.14

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Codec ITU-T

- **G.711**
 - Ampiamente utilizzato nelle reti telefoniche e noto come μ -law (America e Giappone) e A-law (Europa);
 - prevede la trasformazione di campioni PCM lineari a 14 (μ -law) o 13 bit (A-law) in campioni codificati esponenzialmente a 8 bit;
 - produce una bit rate di 64 kbps.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.15

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Codec ITU-T

- **G.723.1**
 - produce in uscita pacchetti di dimensione variabile:
 - » a partire da blocchi di 240 campioni (30 ms) codificati a 16 bit/camp. produce pacchetti di 24 byte, tramite l'algoritmo *Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization* (MP-MLQ), ottenendo una bitrate di 6.3 kbps;
 - » a partire dagli stessi ingressi produce pacchetti di 20 byte, utilizzando l'algoritmo *Algebraic Code-Excited Linear Prediction* (ACELP), ottenendo una bitrate di 5.3 kbps;
 - » Genera pacchetti di 4 byte nei periodi di silenzio per specificare i parametri da utilizzare per il CNG;
 - è possibile variare la codifica alla fine di ogni blocco corrispondente a 30 ms di conversazione;
 - lo standard definisce anche gli algoritmi per il VAD e il CNG.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.16

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Codec ITU-T

- **G.726**
 - utilizza la codifica *Adaptive Differential Pulse Code Modulation* (ADPCM) per comprimere i campioni a 8 bit di una codifica G.711 a 2, 3, 4 o 5 bit, ottenendo bitrate pari a 16, 24, 32 o 40 kbps.
- **G.728**
 - utilizza la codifica *Low Delay – Code-Excited Linear Prediction* (LD-CELP) per comprimere blocchi di 5 campioni (0.625 ms) a 16 bit in campioni a 10 bit a velocità di 16 kbps.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.17

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Codec ITU-T

- **G.729**
 - utilizza la codifica *Conjugate Structure – Algebraic Code-Excited Linear Prediction* (CS-ACELP) per comprimere blocchi di 80 campioni (10 ms) a 16 bit in pacchetti di
 - » 10 byte (8 kbps)
 - » 2 byte, per i parametri del CNG.
 - G.729 specifica anche gli algoritmi per il VAD ed il CNG.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.18

Media – Voce

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Caratterizzazione dei Codec

- **Bit rate:** un minor bitrate permette di multiplexare più flussi nella stessa banda e di ottenere una migliore QoS.
- **Complessità:** si misura in milioni di istruzioni al secondo (MIPS). La complessità di un algoritmo influenza elementi quali la memoria (ROM o RAM) necessaria, la potenza della CPU, la potenza di alimentazione necessaria.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.19

Media – Voce

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Caratterizzazione dei Codec vocali

- **Ritardo** composto da
 - ritardo dell'algoritmo, che è legato alla:
 - » **dimensione del blocco:** è necessario collezionare un certo numero di campioni prima di effettuare la codifica (es. 30 ms per G.723.1 e 10 ms per G.729);
 - » **ritardo look-ahead:** alcuni codificatori necessitano di conoscere anche alcuni campioni successivi al blocco in fase di compressione (es. 7.5 ms per G.723.1 e 5 ms per G.729);
 - ritardo di elaborazione: dipende dalla complessità dell'algoritmo e dalla potenza dell'hardware a disposizione.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.20

Media – Voce

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Caratterizzazione dei Codec vocali

- **Qualità del segnale** tipicamente misurata in termini di **Mean Opinion Score (MOS)**, con un punteggio soggettivo crescente da 1 a 5.
- **Altre...**
Ad esempio la capacità dei codec di trasportare correttamente i toni DTMF (*Dual-Tone Multi-Frequency*), particolarmente utili nei sistemi interattivi automatici (IVR, *Interactive Voice Response*), o la capacità di trasporti di segnali FAX.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.21

Media – Voce

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Caratterizzazione dei Codec

Codec	Bitrate (kbps)	Complessità (comparata a G.726)	Ritardo Algoritmico (ms)	Qualità (MOS)
G.711	64	molto bassa	0.125	4
G.723.1	5.3	8	37.500	3.9
G.723.1	6.3	8	37.500	3.6
G.726	32	1	0.125	3.9
G.728	16	15	0.625	3.6
G.729	8	10	15.000	3.9
G.729 A	8	6	15.000	3.7

Lezione 1.5, v. 1.0

6.22

Media – Voce

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Un esempio di trasmissione di voce su IP

- Si consideri un'applicazione che genera dati con tasso pari a 64 kb/s (8000 campioni/s, ognuno di 8 bit).
- Questa significa che l'applicazione, ogni 20 ms genera un blocco di 160 Bytes ($64 \text{ kb/s} / 8 \times 20 \text{ ms}$).
- Al blocco si aggiunge una intestazione ed il tutto viene inserito in un pacchetto UDP ed inviato in rete.
- Il ricevitore riceve questi pacchetti, ma non tutti, perché alcuni vanno persi, e con ritardo variabile (eventualmente anche fuori sequenza).
- Il ricevitore deve decidere quando riprodurre un blocco e cosa fare se mancano dei blocchi.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.23

Media – Voce

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Un esempio di trasmissione di voce su IP

- Sono due i problemi principali che vanno risolti
 - Ritardo
 - » Il ritardo *end to end* deve essere inferiore a 300 ms, altrimenti ne risente l'interattività.
 - » Il *jitter* in questo caso è dato dal fatto che i pacchetti sono trasmessi a 20 ms uno dall'altro ma possono arrivare al ricevitore sia più vicini che più lontani.
 - » Si dovrebbe comunque inserire dei *timestamp* per capire quando un blocco dati debba essere riprodotto.
 - Perdite di pacchetti:
 - » Si potrebbe usare TCP, ma la ritrasmissione introduce ritardo e il controllo di flusso limita il tasso.
 - » Se si usa UDP, in ogni modo, bisogna inserire numeri di sequenza per accorgersi di eventuali perdite.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.24

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce

Un esempio di trasmissione di voce su IP

- I ritardi del microfono, dei convertitori A/D e D/A e degli altoparlanti sono trascurabili.
- Il ritardo dei coder (d_{coder}) è dovuto a
 - all'encoder
 - » ritardo algoritmico
 - » ritardo di elaborazione
 - al decoder
 - » ritardo di elaborazione

Lezione 1.5, v. 1.0 6.25

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce

Un esempio di trasmissione di voce su IP

- Il ritardo di trasmissione (d_t) dipende dalla rete e dal traffico presente
 - il ritardo di trasmissione è composto dal ritardo della rete (d_{net}) e dalle sue variazioni (*jitter*, j_{net}):

$$d_t = d_{net} + j_{net}$$
- Il ritardo *end-to-end* può quindi essere caratterizzato da queste due componenti:

$$d_{end-to-end} = d_{coder} + d_t < 300 \text{ ms}$$

Lezione 1.5, v. 1.0 6.26

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce

Un esempio di trasmissione di voce su IP

- A destinazione
 - il ritardo, se limitato, non influenza la ricezione;
 - il jitter, al contrario, degrada notevolmente la qualità del segnale ricevuto.
- Per questa ragione conviene introdurre un ulteriore ritardo in modo da eliminare i jitter.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.27

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce

Compensazione del jitter

- Il *Jitter* viene in genere compensato utilizzando un buffer ed inserendo un ritardo q di riproduzione, ossia:
 - Se un blocco con un *timestamp* t è ricevuto entro $t + q$, viene riprodotto all'istante $t + q$
 - Altrimenti viene scartato
- Questa strategia non richiede numeri di sequenza per gestire le perdite
- Il problema è fissare q
 - q lunghi implicano meno perdite (per *jitter*);
 - q corti: l'interazione è più efficace.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.28

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce

Compensazione del jitter

- La sorgente genera un pacchetto ogni 20 ms.
- Il primo pacchetto è ricevuto all'istante t .
- Nel primo caso (ritardo q) è riprodotto a partire dall'istante r .
- Nel secondo caso (ritardo q') è riprodotto a partire dall'istante r' .

Lezione 1.5, v. 1.0 6.29

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce

Compensazione del jitter

- Il meccanismo di compensazione del jitter può essere reso più efficace variando in modo adattativo il ritardo di riproduzione.
- In particolare questo si realizza
 - Stimando il ritardo introdotto dalla rete (ed eventualmente la sua varianza).
 - Variando l'istante di inizio di ogni periodo di *parlato* (quando la sorgente è nello stato *parlo*), ossia comprimendo o allungando i periodi di silenzio (quelli durante i quali la sorgente è nello stato *silenzio*).
 - Durante i periodi di *parlato* (*talk spurt*) la riproduzione avviene come nel caso di ritardo fisso.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.30

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Compensazione del jitter

- Indicando con
 - t_i = il *timestamp* dell'*i*-esimo pacchetto
 - r_i = l'istante in cui l'*i*-esimo pacchetto viene ricevuto
 - p_i = l'istante in cui l'*i*-esimo pacchetto viene riprodotto
 - d_i = il ritardo medio di rete stimato dopo la ricezione dell'*i*-esimo pacchetto
 - v_i = la deviazione media del ritardo dopo la ricezione dell'*i*-esimo pacchetto
- Si può scrivere:

$$d_i = (1-u)d_{i-1} + u(r_i - t_i)$$

$$v_i = (1-u)v_{i-1} + u|r_i - t_i - d_i|$$

↖ Costante < 1 (ad es. 0,01)
- I valori d_i e v_i sono calcolati ogni pacchetto ricevuto, anche se vengono usati solo all'inizio di ogni periodo di *parlato*.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.31

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Compensazione del jitter

- Usando questa quantità si può iniziare a riprodurre un *talk-spurt* all'istante:

$$p_i = t_i + d_i + K v_i$$
- Per ogni singolo pacchetto il ritardo dovrà essere:

$$q_i = p_i - t_i = d_i + K v_i$$
- E quindi l'istante di riproduzione di un pacchetto *r* all'interno del *talk-spurt* diventa

$$p_r = t_r + q_i$$
- Per determinare l'inizio di un *talk-spurt* si deve verificare se la differenza fra due successivi *timestamp* con il numero di sequenza (che qui diventa necessario per non farsi ingannare dalle perdite di pacchetti) in ordine corretto è > di 20 msec.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.32

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Compensazione del jitter

- La compensazione del jitter ha comunque dei limiti

$$d_{\text{end-to-end}} < 300 \text{ ms} \quad (1)$$
- Si ricordi che:

$$d_{\text{end-to-end}} = d_{\text{coder}} + d_t = d_{\text{coder}} + d_{\text{net}} + j_{\text{net}} \quad (2)$$
- In ricezione, la riproduzione di un *frame* attenua l'effetto dei jitter:
 - $\max(j_{\text{net}}) \leq fs \Rightarrow j_{\text{buf}} = 0$
 - $\max(j_{\text{net}}) > fs \Rightarrow j_{\text{buf}} = \max(j_{\text{net}}) - fs$

Lezione 1.5, v. 1.0 6.33

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Compensazione del jitter

- Le precedenti equazioni consentono di ricavare un limite alla compensazione dei jitter in ricezione:

$$d_{\text{end-to-end}} = d_{\text{coder}} + d_{\text{net}} + j_{\text{net}} < 300 \text{ ms}$$

$$d_{\text{coder}} + d_{\text{net}} + j_{\text{buf}} + fs < 300 \text{ ms}$$

$$j_{\text{buf}} < 300 \text{ ms} - d_{\text{coder}} - d_{\text{net}} - fs$$
- Considerando un coder G.723.1, $d_{\text{coder}} \approx 42.5$ ms, $fs = 30$ ms e $d_{\text{net}} = 60$ ms, è possibile assorbire i jitter della rete fino a 167.5 ms.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.34

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Compensazione delle perdite

- Forward Error Correction (FEC)**
- Siccome la perdita significa il non arrivo del pacchetto, le tecniche FEC devono coinvolgere più di un pacchetto.
- Possiamo fare due esempi di possibili strategie:
 - Strategia 1**
 - Ogni *n* blocchi, si costruisce un blocco ridondante ottenuto come XOR degli *n* precedenti e lo si invia in coda al gruppo
 - Se perdo un blocco solo degli *n*+1, all'istante di ricezione del blocco *n*+1 lo posso ricostruire
 - La banda aumenta di un fattore 1/*n* (ad es. 1/10 se *n* = 10)
 - Il ritardo fisso iniziale *d* deve essere tale da permettere la ricezione di almeno *n*+1 pacchetti (se *n* = 10, *d* > 200 msec).
 - Quindi aumentando *n* aumenta l'efficienza ma aumenta anche il ritardo e la probabilità di avere più di una perdita in una sequenza

Lezione 1.5, v. 1.0 (situazione in cui questo meccanismo diventa inefficace). 6.35

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce Compensazione delle perdite

- Strategia 2**
 - Si comprime i dati usando due codifiche a risoluzioni diverse: una bassa (B) ed una alta (A) (ad es. un PCM a 64 Kbit/s e un GSM a 13 Kbit/s).
 - Si costruisce il pacchetto *n* prendendo il blocco *n* del flusso codificato con A (160 Byte) e il blocco *n*-1 del flusso codificato con B (32,5 byte)
 - Quando un pacchetto viene perso può essere ricostruito (con minore qualità) all'arrivo de pacchetto successivo
 - Si può proteggere anche nei confronti di due perdite consecutive aggiungendo anche il blocco *n*-2 del flusso B.

Lezione 1.5, v. 1.0 6.36

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media – Voce

Compensazione delle perdite

- **Interleaving**
 - I blocchi sono spezzati in unità più piccole (ad esempio in 4 unità da 40 byte).
 - Le unità vengono mescolate in pacchetti successivi che quindi contengono parti di più blocchi.
 - I blocchi originali vengono ricostruiti al ricevitore.
 - Se un pacchetto viene perso la perdita viene distribuita su n blocchi e quindi è più facilmente compensabile.
- Ricostruzione pacchetto/unità persa
 - Si usano dei dati che assomigliano ai precedenti (ripetizione o interpolazione)
 - Funziona abbastanza bene per perdite rare e pacchetti/unità piccole (4-40 msec)

Lezione 1.5, v. 1.0

6.37

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media - Testo

- Oggi lo scambio di testo è molto diffuso (es. chat)
 - il testo può essere generato da una tastiera o da appositi dispositivi convertitori della voce o riconoscitori della scrittura.
- Un esempio di coder del testo è T.140 dell'ITU-T
 - utilizza la codifica ISO-IEC 10646-1 level 3 e ISO-IEC 6429 per rappresentare i caratteri alfabetici e le funzioni di controllo;
 - non prevede la compressione;
 - richiede al protocollo di trasporto di mantenere l'ordine dei dati inviati.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.38

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media - Video

- La trasmissione di video in rete richiede di acquisire, codificare e trasportare sulla rete il segnale video.
- Le fasi richieste sono analoghe a quelle viste per il segnale vocale:
 - acquisizione;
 - **codifica** ←
 - trasporto;
 - decodifica;
 - visualizzazione.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.39

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media - Video

Codec

- In linea di massima gli standard attuali di codifica video sono:
 - H.261 (obsoleto)
 - H.263
 - H.263 versione 2
 - H.264 (MPEG4 part 10- AVC, Advanced Video Coding)

Lezione 1.5, v. 1.0

6.40

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media - Video

Sistema di trasmissione (ITU-T H.261-3-4)

Lezione 1.5, v. 1.0

6.41

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Media - Video

Sistema di trasmissione (ITU-T H.261-3-4)

- Il segnale in ingresso può essere
 - analogico (NTSC, PAL),
 - digitale (DV).
- La conversione A/D conduce alla rappresentazione digitale dell'eventuale segnale analogico in ingresso:
 - NTSC: 720 pixel × 480 linee a 29.97 Hz;
 - PAL: 720 pixel × 576 linee a 25 Hz.
- La trasformazione del colore permette di passare da una rappresentazione RGB ad una $Y C_r C_b$, richiesta dai formati PAL e NTSC.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.42

Media - Video

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Sistema di trasmissione (ITU-T H.261-3-4)

- L'occhio umano è meno sensibile alle variazioni di colore piuttosto che alla luminanza, per cui i codificatori H.261/H.263 richiedono un sottocampionamento 4:2:0 (le due componenti di crominanza sono sottocampionate della metà, in verticale ed orizzontale, rispetto alla luminanza)
 - i livelli di crominanza sono dunque 360×240 ciascuno.
- I codificatori H.261/H.263 accettano in ingresso solo formati multipli o frazionari di un *Common Intermediate Format (CIF)*
 - 352×288 [pixel/line \times linee] per la luminanza,
 - 176×144 [pixel/line \times linee] per la crominanza.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.43

Media - Video

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Sistema di trasmissione (ITU-T H.261-3-4)

- Inoltre è richiesto che questi pixel siano rappresentati su una superficie 4:3.
- H.261 accetta:
 - CIF, QCIF (Quarter CIF, 176×144).
- H.263/4 accetta:
 - CIF, SQCIF (128×96), QCIF, 4CIF (704×576) e 16CIF (1408×1152) per la prima versione,
 - qualsiasi dimensione multipla di 4, a partire da 4×4 fino a 2048×1152 nella seconda (H.263+ e H.264).
- Tale formato non è ancora compresso
 - un video a 10 frame/s, QCIF e 12 bit/pixel richiede una banda di 4.5 Mbps.
- I tassi trasmissivi ottenibili dopo la compressione sono compresi fra 10 Kbps e 2 Mbps con H.263.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.44

Media - Video

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Sistema di trasmissione (ITU-T H.261-3-4)

- In ricezione, il sottosistema di visualizzazione sovra-campiona le componenti di crominanza (in modo da avere lo stesso numero di pixel della luminanza) e convertono la rappresentazione dei colori e la risoluzione dei quadri in un formato compatibile con l'hardware a disposizione.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.45

Media - Video

R. Bolla Telematica 2, n. o.

Sistema di trasmissione (ITU-T H.261-3-4)

- Per questa ragione i codificatori H.261 e H.263 prevedono la compressione del segnale prima della trasmissione.
 - Il flusso generato prevede la compressione dei *frame* in diversi modi:
 - » I-frame (Intra-frame): se la codifica avviene in modo indipendente dagli altri frame;
 - » P-frame (Predictive) e B-frame (Bidirectional) se la codifica prende in considerazione più *frame*, operando una compensazione del movimento.

Lezione 1.5, v. 1.0

6.46