

## **Lezione 7 - Livello di Applicazione**

### **Contenuti multimediali : video**

- video: sequenza di immagini visualizzate a tasso costante
  - Esempio: 24 immagini al secondo
- immagine digitale: un array di pixel
  - ogni pixel rappresentato da bit
- codifica: utilizzare la ridondanza all'interno e tra le immagini per ridurre il numero di bit utilizzati per la codifica dell'immagine
  - spaziale (all'interno di una data immagine)

- temporale (da un'immagine all'altra)

# deo

*esempio di codifica spaziale:*

invece di inviare N valori dello stesso colore (tutti viola), inviare solo due valori: valore del colore (viola) e numero di valori ripetuti (N)



*frame i*

*esempio di codifica temporale:* invece di inviare il frame completo a  $i+1$ , invia solo le differenze dal frame  $i$



*frame i+1*

## Multimedia : video

- CBR: (constant bit rate): bit rate costante
- VBR: (variable bit rate): bit rate cambia con la quantità di codifica spaziale e temporale

- esempio:
  - MPEG 1 (CD-ROM) 1.5 Mbps
  - MPEG2 (DVD) 3-6 Mbps
  - MPEG4 (spesso usato in Internet, 64Kbps – 12 Mbps)

## **Streaming video di contenuti registrati**

Sfide principali:

- la larghezza di banda da server a client varia nel tempo, con il variare dei livelli di congestione della rete (rete residenziale, rete di accesso, nucleo della rete, server video)
- la perdita di pacchetti, i ritardi dovuti alla congestione ritardano la riproduzione o comportano una scarsa qualità video.
- vincolo di riproduzione continua: quando la riproduzione inizia, dovrebbe procedere secondo i tempi di registrazione originali
- ... ma i ritardi di rete sono variabili ( jitter ), quindi avrà bisogno di un buffer lato client per soddisfare i vincoli di riproduzione continua
- altre sfide:
  - interattività del client: pausa, avanzamento veloce, riavvolgimento, salti attraverso il video
  - i pacchetti video possono essere persi, ritrasmessi
- **Streaming UDP :**
  - I server invia pacchetti video in modo da eguagliare il bit rate del video stesso, traendo vantaggio dall'assenza di controllo della congestione (es. bit rate 2 Mbps e pacchetti da 8000 bit → il server invia un pacchetto ogni 4 ms)
  - Buffer lato client equivalente a pochi secondi di video
  - Connessione di controllo separata attraverso il quale il client può inviare comandi, quali pausa, salto, etc.

- Incapace di rispettare il vincolo di riproduzione continua, se la banda
- **Streaming HTTP :**
  - Il server trasmette alla massima velocità consentita (es. dal controllo della congestione): se la velocità di ricezione è maggiore del bit rate del video, il buffer del client continua a crescere anche durante la riproduzione (prefetching) fino al riempimento, dopodiché il controllo del flusso limiterà il tasso di trasmissione al tasso di consumo del client
  - può assorbire fluttuazioni del throughput, finché il throughput medio è maggiore del bit rate
  - Riga di intestazione Range nelle richieste per saltare
- **Streaming dinamico adattivo su HTTP :**
  - Consente di scegliere tra versioni con livelli di qualità differenti anche durante la riproduzione.

## **Server multimediale : DASH**

### **Server :**

- divide il file video in più chunk
- ogni chunk è codificata in più versioni, con bit rate differenti
- versioni diverse sono memorizzate in file diversi
- i file sono replicati in vari nodi CDN
- **manifest file (file manifesto):** fornisce gli URL per i diversi chunk

### **Client :**

- stima periodicamente la banda da server a client
- consultando il manifesto, richiede un chunk alla volta

- sceglie versione con il bit rate più alto sostenibile data la larghezza di banda corrente
- può scegliere versioni con bit rate differenti in momenti diversi (a seconda della larghezza di banda disponibile in quel momento), e da server diversi
- “intelligenza” sul client: il client determina
  - *quando* richiedere un chunk (in modo che non si verifichi la starvation del buffer o l'overflow)
  - che encoding rate richiedere (qualità più alta quando c'è più larghezza di banda)
  - *dove* richiedere il chunk (può richiedere dal server che è "vicino" al client o ha banda larga)

Streaming video = codifica + DASH + buffering di riproduzione

## Reti per la distribuzione di contenuti - Content distribution networks ( CDNs )

**Sfida :** come trasmettere contenuti in streaming (selezionati tra milioni di video) a centinaia di migliaia di utenti simultanei?

- **Opzione 1 :** unico, enorme data center
  - singolo punto di rottura (single point of failure)
  - punto di congestione della rete
  - percorso lungo (e possibilmente congestionato) verso i clienti lontani

.... molto semplicemente: questa soluzione *non è scalabile*
- **Opzione 2 ::** memorizzare/servire più copie di video in più siti geograficamente distribuiti (CDN)
  - *enter deep* (entrare in profondità): installare server della CDN in profondità dentro molte reti di accesso
    - essere vicini agli utenti -> minore ritardi e maggior throughput, ma maggiore complessità di gestione e

manutenzione

- Akamai: 240,000 server dispiegati in > 120 paesi (2015)
- *bring home* (portare a casa): pochi grandi cluster (decine, per esempio) in IXP vicino alle reti di accesso
  - usato da Limelight

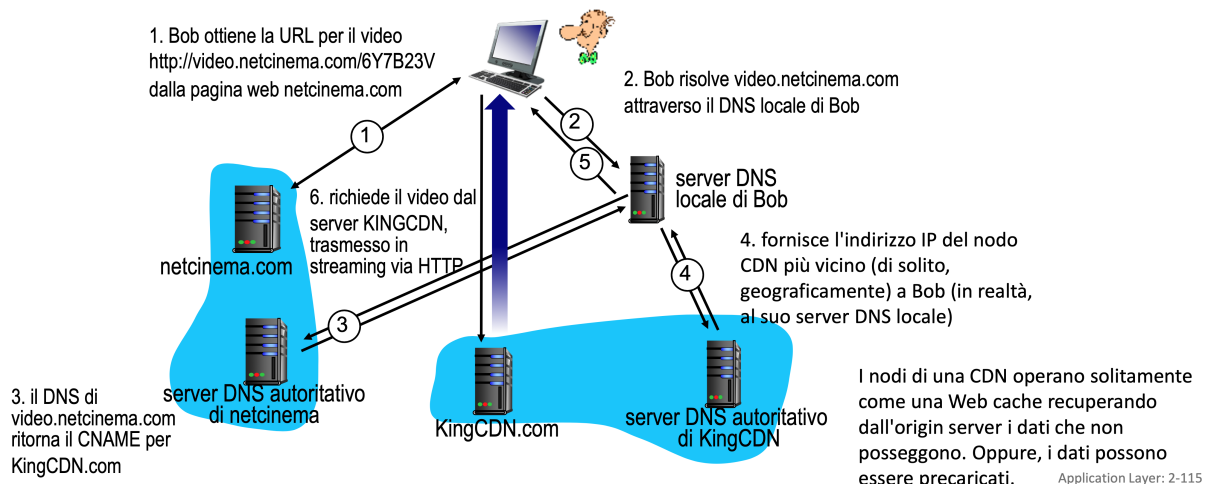
## Accesso ai contenuti CDN : uno sguardo da vicino

- Bob (client) richiede il video

*http : //video.netcinema.com/6Y7B23V*

- video memorizzato sulla CDN a

*http : //netcinema.KingCDN.com/6Y7B23V*



## Come funziona Netflix?

- Netflix: memorizza copie dei contenuti (ad esempio, MADMEN) sui nodi (in tutto il mondo) della sua CDN OpenConnect
- l'abbonato richiede il contenuto, il fornitore di servizi restituisce il manifesto
  - utilizzando il manifest, il client recupera i contenuti alla massima velocità supportabile
  - può scegliere una velocità o una copia diverse se il percorso di rete è congestionato

## **Reti per la distribuzione di contenuti - Content distribution networks ( CDNs )**

**Sfide OTT :** affrontare un Internet congestionando dal "bordo"

- quale contenuto inserire in quale nodo CDN ?
- da quale nodo CDN recuperare i contenuti ? a quale velocità ?